



AGRICULTURAL RESEARCH INSTITUTE
PUSA

Die landwirtschaftlichen **Versuchs-Stationen.**

Organ für
naturwissenschaftliche Forschungen
auf dem Gebiete der Landwirtschaft.

Unter Mitwirkung
sämtlicher Deutschen Versuchs-Stationen
herausgegeben von

Prof. Dr. G. Fingerling,
Vorstand der Königl. landwirtschaftlichen Versuchsstation Mückern.

„Concordia parvae res crescunt . . .“



Band LXXXIX.

Mit 7 Tafeln, 1 Textabbildung und einem Bildnis

BERLIN.
VERLAGSBUCHHANDLUNG PAUL PAREY.

Verlag für Landwirtschaft, Gartenbau und Forstwesen.

SW., Hedemannstr. 10 u. 11.

1917.

Inhalt

des

LXXXIX. Bandes der „Landw. Versuchs-Stationen“.

Autoren.

Seite

Beeren, H. von: s. MORGEN.	
Beger, C.: RUDOLF NEUMANN †	231
— — s. MORGEN.	
Blanck, E.: s. Mitteilung der landw. Versuchsstation Rostock.	
Elnecke, A.: s. Mitteilungen des Institutes für Agrikulturchemie und Bakteriologie an der Kgl. Landw. Hochschule Berlin.	
Fresenius, L.: s. ebenda.	
Haselhoff, E.: s. Mitteilung der landw. Versuchsstation Harleshausen.	
Honcamp, F.: s. Mitteilung der landw. Versuchsstation Rostock.	
Kappen, H.: s. Mitteilung aus dem agrik.-chem. Institut an der Universität Jena.	
Leinungen, Graf zu: Bemerkungen zu „Kritische Beiträge zur Entstehung der Mediterran-Roterde von Herrn Dr. E. BLANCK“ . . .	455
Lemmermann, O.: s. Mitteilungen des Institutes für Agrikulturchemie und Bakteriologie an der Kgl. Landw. Hochschule Berlin.	
Michalowski, J.: s. MORGEN.	
Mitteilung aus dem agrik.-chem. Institut an der Universität Jena. Zu den Ursachen der Azidität der durch Ionenaustausch sauren Böden. Von Privatdozent Dr. H. KAPPEN	39
Mitteilung aus der agrik.-chem. Versuchsstation Pommritz. Über den Nachweis von Melasse in Trockenschnitteln. Von Dr. A. STRIGEL (Ref.) und C. WILCKE	38
Mitteilung der landw. Versuchsstation Bonn. Neue Erfahrungen bei der Bestimmung der zitratlöslichen Phosphorsäure nach der PETERMANN'schen Methode. Von H. NEUBAUER und E. WOLFERTS	197
Mitteilung der landw. Versuchsstation Harleshausen. Versuche über die Beziehungen zwischen Bodenfeuchtigkeit, Pflanzenentwicklung und Nährstoffaufnahme. Von E. HASELHOFF . . .	1

Mitteilung der landw. Versuchsstation Rostock.

- Über die Zusammensetzung und Verdaulichkeit einiger Kriegsfuttermittel. (Wollsaatmehl, Maniokmehl, Ackersenfkuchen, Spargelbeerenschrot und Zichorienschrot.) Von F. HONCAMP, H. ZIMMERMANN und E. BLANCK. (Hierzu Tafel IV—VII) 409

Mitteilungen des Institutes für Agrikulturchemie und Bakteriologie an der Kgl. Landw. Hochschule Berlin sowie der landw. Versuchsstation für die Provinz Brandenburg.

- Untersuchungen über die Feststellung des Wirkungswertes der Bodennährstoffe Phosphorsäure und Kali durch den Vegetationsversuch und die Bestimmung ihrer relativen Löslichkeit durch Säuren. Von O. LEMMERMANN, A. EINECKE und L. FRESNIUS. Berichterstatte: O. LEMMERMANN. (Hierzu Tafel I u. II) 81
- Morgen, A. (Ref.), C. Beger, H. Wagner, H. von Beeren und Elsa Ohlmer unter Mitwirkung von J. Michalowski. Ausnutzungsversuche mit Wollsaatmehl, Pansenmischfutter, Rosskastanienabfall, Knochenfuttermehl, Eiweissparfutter, Baderschem Fleischmehl, entgerbten Lederabfällen und Hornmehl 269
- Neubauer, H.: s. Mitteilung der landw. Versuchsstation Bonn.
- Ohlmer, E.: s. MORGEN.
- Pfeiffer, Th., W. Simmermacher und M. Spangenberg. Die Löslichkeit verschiedener Phosphate und deren Ausnutzung durch Hafer und Buchweizen. Zweite Mitteilung. (Hierzu Tafel III) 203
- Pfeiffer, Th.: Einfluss der Brache bezw. der Stallmistdüngung auf die Gestaltung der Ernteerträge an Stickstoff. (Mit einer Textabbildung) 241
- Schouten-Icken, W. S. J.: s. TUINZING.
- Simmermacher, W.: s. PFEIFFER.
- Spangenberg, M.: s. PFEIFFER.
- Strigel, A.: s. Mitteilung aus der agrik.-chem. Versuchsstation Pommritz.
- Tuinzing, R. W. und W. S. J. Schouten-Icken: Die Bestimmung des Ammoniakstickstoffs in Düngern auf jodometrischem Wege 283
- Wagner, H.: s. MORGEN.
- Wilcke, C.: s. Mitteilung aus der agrik.-chem. Versuchsstation Pommritz.
- Wolferts, E.: s. Mitteilung der landw. Versuchsstation Bonn.
- Zimmermann, H.: s. Mitteilung der landw. Versuchsstation Rostock.

Sachregister.

Allgemeines.

RUDOLF NEUMANN † S. 231.

Boden.

	Seite
Versuche über die Beziehungen zwischen Bodenfeuchtigkeit, Pflanzenentwicklung und Nährstoffaufnahme. Von E. Haselhoff	1
Zu den Ursachen der Azidität der durch Ionenaustausch sauren Böden. Von Privatdozent Dr. H. Kappen	39
Untersuchungen über die Feststellung des Wirkungswertes der Bodennährstoffe Phosphorsäure und Kali durch den Vegetationsversuch und die Bestimmung ihrer relativen Löslichkeit durch Säuren. Von O. Lemmermann, A. Eincke und L. Fresenius. Bericht-erstatter: O. LEMMERMANN. (Hierzu Tafel I u. II)	81
Bemerkungen zu „Kritische Beiträge zur Entstehung der Mediterran-Rot-erde“ von Herrn Dr. E. Blanck. Von Prof. Graf zu Leiningen, Wien	455

Pflanzenwachstum. Pflanzenbestandteile.

Die Löslichkeit verschiedener Phosphate und deren Ausnutzung durch Hafer und Buchweizen. Von Th. Pfeiffer, W. Simmermacher und M. Spangenberg. (Zweite Mitteilung.) (Hierzu Tafel III) .	203
Einfluss der Brache bzw. der Stallmistdüngung auf die Gestaltung der Ernteerträge an Stickstoff. Von Th. Pfeiffer. (Mit einer Textabb.)	241

Tierernährung. Futtermittel.

Über den Nachweis von Melasse in Trockenschnitzeln. Von A. Strigel (Ref.) und C. Willeke	33
Ausnutzungsversuche mit Wollsaatmehl, Pansenmischfutter, Rosskastanienabfall, Knochenfuttermehl, Eiweissparfutter, Baderschem Fleischmehl, entgerbten Lederabfällen und Hornmehl. Von A. Morgen (Ref.), C. Beger, H. Wagner, H. v. Beeren und Elsa Ohlmer unter Mitwirkung von J. Michalowski.	269

	Seite
Über die Zusammensetzung und Verdaulichkeit einiger Kriegsfuttermittel. (Wollsaatmehl, Maniokmehl, Ackersenfkuchen, Spargelbeerschrot und Zichorienschrot.) Von F. Honcamp, H. Zimmermann und E. Blanck. (Hierzu Tafel IV—VII).	409

Verband landwirtschaftlicher Versuchs-Stationen im Deutschen Reiche.

Verhandlungen der XXXVII. (ordentl.) Hauptversammlung des Verbandes im Bürgerausschusssaal des Rathauses zu Heidelberg am 15. Juni 1916.	313
--	-----

Verschiedenes.

Neue Erfahrungen bei der Bestimmung der zitratlöslichen Phosphorsäure nach der PETERMANNschen Methode. Von H. Neubauer und E. Wolferts	197
Die Bestimmung des Ammoniakstickstoffs in Düngern auf jodometrischem Wege. Von W. S. J. Schouten-Icken u. R. W. Tuinzing	233

Versuche über die Beziehungen zwischen
Bodenfeuchtigkeit, Pflanzenentwicklung und
Nährstoffaufnahme.

Von

E. HASELHOFF.

Die Bedeutung des Wassers für die Pflanzenernährung ist bekannt; wir wissen, dass das Wasser auf die chemischen und physikalischen Eigenschaften des Bodens verändernd und damit indirekt auf die Pflanzenernährung einwirkt, dass es ferner in der Pflanze als Transportmittel für die Nahrungsstoffe und auch direkt der Ernährung der Pflanze dient. Vorliegende Untersuchungen lassen erkennen, dass sowohl verschiedene Pflanzen ein verschiedenes Bedürfnis für Wasser haben, als auch dieselben Pflanzen je nach den Wachstumsbedingungen in ihrem Wasserverbrauch verschieden sein werden und ebenso auch in den einzelnen Wachstumsabschnitten verschiedene Ansprüche an den Wasservorrat im Boden stellen. Sehr oft fehlen ausreichende Niederschläge, um dem Boden das erforderliche Wasser während des Wachstums der Pflanzen oder doch in der Zeit, in der das hauptsächlichste Bedürfnis dafür vorhanden ist, zuzuführen. Ein Mittel, hier helfend einzugreifen, findet neuerdings auch bei uns mehr Beachtung und hat bisher besonders in Amerika viele Erfolge gezeitigt; dieses Mittel ist in der Ackerbewässerung gegeben. Dieselbe hat bei uns einen eifrigen Befürworter besonders in M. GERLACH¹⁾ gefunden, der dabei auf Grund eigener Erfahrungen

¹⁾ Sonderabdruck, Vortrag in Berlin 1913; Zentr.-Bl. für Posen 1913, Nr. 5 und 11; Mitteilungen des Kaiser Wilhelms-Instituts in Bromberg, 1915.

urteilen kann. Nach seiner Ansicht ist ein Boden in Gegenden mit 500—600 mm Niederschlägen im Jahr in der Regel für eine Bewässerung dankbar. Darnach würden im Deutschen Reiche 15 % der Ackerfläche oder rund 4 Millionen Hektar eine Bewässerung durch höhere Erträge lohnen. Besonders die hellen humusarmen Sandböden, ferner auch die schwachlehmigen Sandböden können für die Bewässerung in Frage kommen, während auf Lehm- und Tonböden sich eine Bewässerung im allgemeinen kaum anders als in sehr trockenen Jahren als vorteilhaft erweisen soll. Diese Abgrenzung der mit Erfolg zu bewässernden Böden findet nicht überall volle Zustimmung; ich verweise auf die Darlegungen von WOHLTMANN¹⁾ und EHRENBURG,²⁾ ohne hierauf näher einzugehen. Es unterliegt aber nach allen vorliegenden Untersuchungen keinem Zweifel, dass unter besonderen klimatischen Verhältnissen die Ackerbewässerung für den Ertrag von grossem Vorteil sein kann. Ein wesentlicher Faktor für diese günstige Wirkung des Wassers ist aber, dass es im Boden nicht an Pflanzennährstoffen im ganzen und im rechten Verhältnis zueinander fehlt; es liegen zahlreiche Versuche und Untersuchungen vor, die über das Zusammenwirken von Wasser und Düngung auf den Ertrag Aufschluss geben und auf die Abhängigkeit des Wasserverbrauches der Pflanzen von dem für die Ernährung derselben im Boden zur Verfügung stehenden Nährstoffvorrat hinweisen. Die früheren grundlegenden Untersuchungen HELLRIEGELS,³⁾ die aus der neueren Zeit stammenden Versuche von v. SEELHORST⁴⁾ und seinen Schülern können als Wegweiser auf diesem Forschungsgebiet angesprochen werden. WOLLNY,⁵⁾ A. MAYER,⁶⁾ E. A. MITSCHERLICH,⁷⁾ TH. PFEIFFER,⁸⁾ LEMMERMANN⁹⁾ u. a. m. haben durch wertvolle Beiträge unsere Kenntnisse über die Wirkung des Wassers auf das Wachstum der Pflanzen vermehrt. Allgemein kann aus allen diesen Untersuchungen gefolgert werden, dass der mit Nährstoffen angereicherte

¹⁾ Arb. d. D. L.-G. 97, S. 15.

²⁾ Arb. d. Landw.-Kammer Hannover, 1912, Heft 32.

³⁾ Beiträge zu den naturw. Grundlagen des Ackerbaues, 1883.

⁴⁾ Journ. f. Landwirtschaft 1911, 59, 259; 1915, 63, 345.

⁵⁾ Forschungen a. d. Geb. d. Agrik.-Physik.

⁶⁾ Journ. f. Landwirtschaft 1898, 46, S. 117.

⁷⁾ Landw. Jahrbücher 1912, S. 701; 1913, S. 662.

⁸⁾ Landw. Versuchs-Stat. 1912, 81, S. 169; 1913, 82, S. 261; 1914, 84, S. 93.

⁹⁾ Ebenda 1907, 67, S. 207.

Boden weniger Wasser verdunstet, als ein nährstoffarmer Boden, dass einseitige Düngung eine Zunahme des Wasserverbrauches zur Folge haben kann, dass der zur Erzielung von 1 g oberirdischer Pflanzensubstanz nötige Wasserverbrauch um so geringer ist, je üppiger die Pflanzen wachsen. Bei ausreichender Düngung steigt der Ertrag mit dem Wassergehalt und soll nach den Versuchen MITSCHERLICHs das Optimum des letzteren bei 100 % der wasserfassenden Kraft des Bodens liegen, während man dieses früher auf Grund der Versuche WOLLNYS erheblich niedriger (rund 60 %) annahm; von letzterer Annahme ist bei vielen Gefäßversuchen ausgegangen. Auch die Aufnahme der Nährstoffe durch die Pflanzen hängt mit dem Wassergehalt des Bodens zusammen und zwar steigt diese mit der Zunahme des Wassers im Boden.

Es wird sich bei der Besprechung der eigenen Versuche noch Gelegenheit finden, auf einzelne dieser Untersuchungsergebnisse zurückzukommen; die bisherigen Angaben zeigen, dass bereits wertvolle Unterlagen für die Beurteilung der Wirkung des Wassers bei der Pflanzenentwicklung in den vorliegenden Untersuchungen gegeben sind. Bei der Bedeutung des Wassers als Vegetationsfaktor kann es aber nur erwünscht sein, wenn unsere Kenntnis auf diesem Gebiet weiter ausgebaut wird und in der verschiedensten Weise weitere Unterlagen für eine richtige Beurteilung der Wirkung des Wassers auf das Wachstum der Pflanzen gewonnen werden. Hierdurch ist die nachfolgende Mitteilung von Versuchen veranlasst worden, die zum Teil bis zum Jahre 1907 zurückreichen, deren Fortsetzung zwar immer wieder geplant war, nunmehr aber wohl sicherlich für längere Zeit aufgegeben werden muss. Die Ergebnisse dieser Versuche sind zwar zum Teil durch anderweitige Versuche, die zeitlich später ausgeführt, deren Ergebnisse aber schon veröffentlicht worden sind, überholt, jedoch bieten sie durch ihre Bestätigung dieser Ergebnisse über den Einfluss des Wassers auf den Ertrag und die Nährstoffaufnahme zweifellos für weitere Kreise noch Interesse genug, um die Veröffentlichung zu rechtfertigen.

Die ersten Versuche wurden mit Pferdebohnen und Sommergerste in Lehm- und Sandboden ausgeführt. Der Wassergehalt des Bodens wurde auf 45 %, 60 % und 75 % der wasserfassenden Kraft des Bodens gehalten. Die Vegetationsgefäße für die Versuche mit Pferdebohnen hatten eine Oberfläche von 700 qcm

und fassten 23 kg Lehm Boden bzw. 30 kg Sandboden. Für den Versuch mit Sommergerste wurden kleinere Gefässe mit 450 qcm Oberfläche verwendet, welche 13 kg Lehm Boden bzw. 17.5 kg Sandboden enthielten. Die chemische Zusammensetzung dieser Böden war auf Trockensubstanz berechnet folgende:

	Lehm Boden %	Sandboden %
Organische Stoffe (Glühverlust) . . .	3.00	1.26
mit Stickstoff	0.134	0.025
Mineralstoffe	97.00	98.74
mit Kalk	0.519	0.194
„ Magnesia	0.486	0.125
„ Kali	0.167	0.054
„ Phosphorsäure.	0.116	0.042

Als Volldüngung wurde den grösseren Gefässen zu Pferdebohnen gegeben: 1.5 g Stickstoff in Ammoniumnitrat, 2.0 g Phosphorsäure durch Doppelsuperphosphat, 2.0 g Kali in einem zu gleichen Teilen aus Chlorkalium und Kaliumsulfat bestehenden Gemisch. Die Volldüngung in den kleineren Gefässen zu Gerste war in denselben Salzen: 1 g Stickstoff, 1.33 g Phosphorsäure und 1.33 g Kali. In einer zweiten Versuchsreihe wurde sowohl zu Pferdebohnen wie zu Gerste nur die Hälfte der vorher angegebenen Nährstoffmengen gegeben. Die Zahl der Pflanzen für je ein Gefäss hat bei Pferdebohnen zunächst 8 betragen; sie wurde in der folgenden Versuchsreihe: „Pferdebohnen nach Gerste“ auf 6 vermindert. In der Versuchsreihe mit Gerste waren je 15 Pflanzen in jedem Versuchsgefäss.

Aufgang und weitere Entwicklung der Pflanzen verliefen in allen Versuchsreihen günstig. Abgesehen von der dunkleren Blattfärbung in den Böden mit dem geringeren Wassergehalt und zwar sowohl bei Lehm- wie Sandboden zeigten sich keine Unterschiede an den Pflanzen der einzelnen Versuchsreihen. Die Ernten an lufttrockner Substanz waren folgende in Gramm für je ein Versuchsgefäss:

(Siehe die Tabelle auf S. 5—8.)

Diese Zahlen zeigen deutlich sowohl bei der ganzen wie der halben Volldüngung eine Zunahme des Ertrages bei Pferdebohnen und Gerste mit der Erhöhung des Wassergehaltes im Boden von 45 % auf 60 % und schliesslich auf 75 % der wasser-

(Fortsetzung des Textes auf S. 9.)

a) Erträge bei Vollernte.

Wasser- gehalt des Bodens %	Bodenart	Gesamtertrag			Körner			Stroh			Ver- hältnis der Körner zu Stroh wie 1 :	Zahl der Körner für 1 Gefäß Mittel	1000 Körner wiegen g
		a	b	c	Mittel	a	b	c	Mittel	a				b	c	Mittel

Versuchspflanze: Pferdebohne.

45	Lehmboden	197.7	165.7	170.0	177.8	84.2	70.2	73.8	76.1	113.5	95.5	96.2	101.7	1.33	109	698
60	"	243.5	231.0	237.0	237.2	92.7	101.7	94.7	96.4	150.8	129.3	142.3	140.8	1.46	153	630
75	"	265.7	292.0	262.7	273.5	84.7	119.7	104.7	103.1	181.0	172.3	158.0	170.4	1.66	145	710

Versuchspflanze: Pferdebohne nach Gerste.

45	Lehmboden	106.5	93.0	87.5	95.7	43.2	42.4	41.7	42.4	63.3	50.6	45.8	53.3	1.25	60	707
60	"	144.5	147.0	143.0	144.8	55.3	67.4	66.4	63.1	89.2	79.6	76.6	81.7	1.29	84	755
75	"	206.5	198.5	175.0	193.3	85.8	72.5	71.5	76.6	120.7	126.0	103.5	116.7	1.52	98	784

Versuchspflanze: Pferdebohne.

45	Sandboden	118.5	129.0	154.7	134.0	46.8	54.0	58.0	52.9	71.7	75.0	96.7	81.2	1.63	79	669
60	"	180.5	182.0	160.2	174.2	71.6	74.5	61.1	69.1	108.9	107.5	99.1	105.1	1.52	105	658
75	"	174.0	207.0	187.0	189.3	74.5	84.1	75.0	77.9	99.5	122.9	112.0	111.4	1.43	105	742

Versuchspflanze: Pferdebohne nach Gerste.

45	Sandboden	78.7	81.2	78.5	79.5	36.0	35.1	35.3	35.5	42.7	46.1	43.2	44.0	1.24	47	760
60	"	122.0	117.0	118.0	119.0	55.3	52.4	43.5	50.4	66.7	64.6	74.5	68.6	1.52	65	728
75	"	146.0	129.5	130.0	136.2	61.4	60.8	58.6	60.3	84.6	68.7	71.4	74.9	1.26	81	747

Wasser- gehalt des Bodens %	Bodenart	Gesamtertrag			Körner			Stroh			Ver- hältnis der Körner zu Stroh im Gefäss wie 1:	Zahl der Körner für 1 Mittel	1000 Körner wiegen g
		a	b	c	Mittel	a	b	c	Mittel				

Versuchspflanze: Gerste.

45	Lehmboden	37.2	32.1	30.2	33.2	19.3	15.7	15.0	16.7	17.9	16.4	15.2	16.5	51.2
60	"	52.0	48.1	51.1	50.4	26.5	25.0	26.1	25.9	25.5	23.1	25.0	24.5	50.0
75	"	56.4	70.8	61.1	62.8	28.7	36.5	31.7	32.3	27.7	34.3	29.4	30.5	41.9

Versuchspflanze: Gerste nach Pferdebohne.

45	Lehmboden	67.9	57.8	53.2	59.6	34.1	27.8	25.1	29.0	33.8	30.0	28.1	30.6	60.9
60	"	75.2	67.2	76.6	73.0	35.0	32.9	35.4	34.4	40.2	34.3	41.2	38.6	59.7
75	"	97.7	87.7	82.7	89.4	48.4	42.4	34.1	41.6	49.3	45.3	48.6	47.8	58.2

Versuchspflanze: Gerste.

45	Sandboden	17.9	18.6	19.2	18.6	8.6	8.8	9.5	9.0	9.3	9.8	9.7	9.6	47.8
60	"	44.0	43.4	38.3	41.9	22.4	23.1	19.3	21.6	21.6	20.3	19.0	20.3	50.6
75	"	42.7	52.0	63.4	52.7	22.3	28.1	32.0	27.5	20.4	23.9	31.4	25.2	47.9

Versuchspflanze: Gerste nach Pferdebohne.

45	Sandboden	50.0	56.1	56.2	54.1	22.1	25.3	23.5	23.7	27.9	30.8	32.7	30.4	56.3
60	"	47.0	58.4	65.5	57.0	20.4	28.1	28.3	25.6	26.6	30.3	37.2	31.4	57.8
75	"	49.6	37.6	56.5	47.9	24.3	17.6	25.6	22.5	25.3	20.0	30.9	25.4	55.0

b) Ernteerträge bei halber Voldüngung.

Versuchspflanze: Pferdebohne.

45	Lehmboden	176.0	181.0	176.0	177.7	74.0	83.2	73.8	77.0	102.0	97.8	102.2	100.7	1.30	111	693
60	"	214.7	219.0	229.0	220.9	84.0	99.5	96.7	93.4	130.7	119.5	132.3	127.5	1.36	131	713
75	"	238.5	277.2	249.5	255.1	90.8	104.8	79.0	91.5	147.7	172.4	170.5	163.6	1.78	125	732

Versuchspflanze: Pferdebohne nach Gerste.

45	Lehmboden	103.5	90.2	98.7	97.5	42.6	39.1	46.2	42.6	60.9	51.1	52.5	54.9	1.28	60	715
60	"	134.5	154.5	132.5	140.5	59.2	69.2	49.5	59.3	75.3	85.3	83.0	81.2	1.37	75	791
75	"	208.0	186.0	190.0	194.7	72.3	77.5	82.2	77.3	135.7	108.5	107.8	117.4	1.51	104	742

Versuchspflanze: Pferdebohne.

45	Sandboden	132.2	130.0	129.2	130.5	49.5	57.5	40.8	49.3	82.7	72.5	88.4	81.2	1.64	74	666
60	"	138.5	165.5	192.0	165.3	57.0	63.2	74.5	64.9	81.5	102.3	117.5	100.4	1.60	95	724
75	"	209.0	207.0	216.7	210.9	80.5	80.5	91.2	84.1	128.5	126.5	125.5	126.8	1.50	113	744

Versuchspflanze: Pferdebohne nach Gerste.

45	Sandboden	76.5	73.0	90.7	80.1	33.9	34.9	37.8	35.5	42.6	38.1	52.9	44.6	1.25	49	730
60	"	119.0	117.0	104.0	113.3	50.7	50.3	48.6	49.9	68.3	66.7	55.4	63.4	1.27	64	783
75	"	137.0	136.0	129.0	134.0	56.5	63.5	58.0	59.3	80.5	72.5	71.0	74.7	1.26	76	780

Versuchspflanze: Gerste.

45	Lehmboden	36.2	27.9	31.8	32.0	18.9	13.4	16.1	16.1	17.3	14.5	15.7	15.9	0.98	301	53.4
60	"	49.0	39.5	42.7	43.7	26.1	19.4	21.7	22.4	22.9	20.1	21.0	21.3	0.95	426	52.4
75	"	48.4	56.3	47.3	50.7	26.2	28.9	24.1	26.4	22.2	27.4	23.2	24.3	0.92	589	44.8

Wasser- gehalt des Bodens %	Bodenart	Gesamtertrag				Körner				Stroh				Ver- hältnis der Körner zu Stroh wie 1 :	Zahl der Körner für 1 Gefäß im Mittel	1000 Körner wiegen g
		a	b	c	Mittel	a	b	c	Mittel	a	b	c	Mittel			

Versuchspflanze: Gerste nach Pferdebohne.

45	Lehmboden	69.7	54.8	49.8	58.0	32.8	26.1	23.2	27.4	36.9	28.3	26.6	30.6	1.12	464	58.9
60	"	74.1	59.7	84.9	72.9	36.4	27.8	40.1	34.8	37.7	31.9	44.8	38.1	1.10	593	58.6
75	"	101.7	89.0	90.2	93.6	50.0	43.2	39.5	44.2	51.7	45.8	50.7	49.4	1.11	761	58.0

Versuchspflanze: Gerste.

45	Sandboden	17.1	16.3	17.6	17.0	8.7	7.9	8.8	8.5	8.4	8.4	8.8	8.5	0.99	178	48.3
60	"	29.2	30.4	47.5	35.7	12.4	13.1	19.3	20.8	16.8	17.3	28.2	20.8	0.98	351	51.1
75	"	45.9	37.4	40.6	41.3	24.4	19.9	20.2	21.5	21.5	17.5	20.4	19.8	0.92	407	52.8

Versuchspflanze: Gerste nach Pferdebohne.

45	Sandboden	43.6	40.5	49.1	44.4	18.4	17.6	20.8	18.9	25.5	22.9	28.3	25.5	1.35	354	53.3
60	"	— ¹⁾	40.3	53.2	46.8	—	19.4	24.5	22.0	—	20.9	28.7	24.9	1.13	412	53.1
75	"	44.5	40.2	58.3	47.7	20.8	18.4	25.8	21.7	23.7	21.8	32.5	26.0	1.20	399	55.6

¹⁾ Dieser Topf musste ausscheiden, weil der Boden darin zeitweise einen höheren Wassergehalt hatte.

fassenden Kraft des Bodens. Dieses Ergebnis trifft für Lehm-
boden und Sandboden in gleichem Maße zu. Die Abnahme des
Ertrages in der Reihe „Pferdeböhen nach Gerste“ sowohl nach der
ganzen wie nach der halben Volldüngung und im Lehm-
boden wie Sandboden erklärt sich ungezwungen aus dem geringeren Nährstoff-
vorrat des Bodens infolge der zuvor angebauten Gerste, während
in der anderen Reihe den Pferdeböhen die gesamten Nährstoffe
der Düngung zur Verfügung standen. Umgekehrt hat in der
Versuchsreihe, in der Gerste als Versuchspflanze gedient hat,
die vorhergehende Pferdebohne den Boden mit Stickstoff bereichert
und kommt dieses in dem Mehrertrag in der Versuchsreihe „Gerste
nach Pferdebohnen“ in beiden Düngungsreihen und auf beiden
Versuchsböden in gleicher Weise zum Ausdruck. Der Einfluss
des verschiedenen Wassergehaltes des Bodens bleibt in allen
Fällen derselbe. Es scheint nach den Ernteergebnissen der
Schluss berechtigt zu sein, dass die geringere Nährstoffgabe
(halbe Volldüngung) bereits ausgereicht hat, um unter den ge-
gebenen Versuchsverhältnissen den Höchstertrag hervorzubringen.

Auf den Einfluss des steigenden Wassergehaltes auf die
Vermehrung der Ernte an Pflanzentrockensubstanz sowohl bei
Pferdeböhen wie Gerste ist bereits vorher hingewiesen worden.
Wir dürfen nach den festgestellten Ertragssteigerungen wohl
mit einer weiteren Vermehrung des Ertrages bei der weiteren
Zunahme des Wassergehaltes im Boden rechnen, besonders auch,
weil der höchste Wassergehalt des Versuches von 75 % der
wasserfassenden Kraft des Bodens keinerlei nachteilige Wirkung
auf die Entwicklung der Pflanzen geäußert hat. Dieses Ergebnis
bestätigt jedenfalls die Erfahrung, dass das Optimum des Wasser-
gehaltes im Boden, ausreichende Nährstoffmengen vorausgesetzt,
für Pferdebohnen und Gerste über 75 % der wasserfassenden
Kraft des Bodens hinausliegt, dass also die Deutung, die WOLLNYS
Versuchsergebnisse, wonach dieses Optimum wenigstens bei
Gramineen bei 60 % der wasserfassenden Kraft des Bodens
anzunehmen sei, nicht richtig ist. Besonders MITSCHERLICH hat
sich gegen die Richtigkeit der vielfach bei Versuchen beobachteten
Feuchtigkeitsgrenze im Boden gewandt und hält, wie schon oben
kurz erwähnt, 100 % der wasserfassenden Kraft des Bodens für
das Optimum. Wenn MITSCHERLICH die Ursache für die Fest-
stellung WOLLNYS darin sucht, dass letzterer in unten ab-
geschlossenen Versuchsgläsern gearbeitet hat, so dass bei grösserer

Wassermenge notwendig stagnierende Nässe, Säurebildung und dadurch veranlasst eine Vergiftung der Pflanzen eintreten musste, so dürfte diese Annahme bei dem hier beobachteten Wassergehalt von 75 % noch nicht zutreffen; auch hier sind die Versuche in unten abgeschlossenen Gefässen ausgeführt worden, ohne dass sich Nachteile in der Pflanzenentwicklung gezeigt hätten. Ähnliche Beobachtungen hat auch PFEIFFER mitgeteilt.

HELLRIEGEL hat bereits darauf hingewiesen, dass eine Vermehrung der Bodenfeuchtigkeit auf den Strohertrag günstig wirken kann, so dass das Verhältnis von Körnern zu Stroh dadurch erweitert wird. Diese Ansicht würde in der praktischen Erfahrung eine Stütze finden, dass in nassen Jahren viel Stroh geerntet wird, dagegen in trockenen Jahren der Kornertrag sich günstiger stellt. Auch A. MAYER, v. SEELHORST und PFEIFFER kommen zu diesem Schluss. Bei diesen Versuchen hat es aber auch nicht an Abweichungen gefehlt. Ebenso zeigen die hier in dieser Richtung erhaltenen Versuchszahlen kein einheitliches Bild. Die Erweiterung des Verhältnisses von Körnern zu Stroh tritt uns durchgreifend nur bei den Pferdebohnen in Lehm Boden entgegen; in den übrigen Reihen bleibt dieses Verhältnis im grossen und ganzen durch die veränderte Bodenfeuchtigkeit unbeeinflusst. Unabhängig von dem Wassergehalt des Bodens hat die Menge der Pflanzennährstoffe das Korn-Strohverhältnis deutlich beeinflusst; so ist bei den Pferdebohnen dieses Verhältnis in der Versuchsreihe, in der die Pferdebohnen nach Gerste standen, gegenüber der anderen Versuchsreihe, in der den Pferdebohnen noch die ganze Nährstoffmenge zur Verfügung stand, verengt worden und zwar auf Lehm- wie Sandboden, einerlei ob es sich um die stärkere oder schwächere Düngung gehandelt hat. Andererseits hat der durch den vorhergehenden Anbau von Pferdebohnen veranlasste höhere Stickstoffgehalt des Bodens in der Versuchsreihe „Gerste nach Pferdebohnen“ gegenüber der anderen Gersten-Versuchsreihe offenbar auf eine Erweiterung des Verhältnisses von Körnern zu Stroh hingewirkt. Auch hier scheidet die Bodenart und die Stärke der Düngung als mitwirkender Faktor aus. Für die Beeinflussung des Korn-Strohverhältnisses durch den Wassergehalt des Bodens scheint sehr wesentlich zu sein, ob den Pflanzen zur vollen Ernährung ausreichende Nährstoffmengen zur Verfügung stehen und ob das Verhältnis dieser Nährstoffe im Boden dem Bedürfnis der Pflanzen

entspricht. Wenn dieses der Fall ist, ist die Einwirkung des Wassers auf das Verhältnis von Körnern zu Stroh offenbar nicht so durchgreifend, wie da, wo die obigen Voraussetzungen nicht gegeben sind.

Im 1000-Korngewicht tritt bei Pferdebohnen in beiden Düngungsreihen und auch auf beiden Bodenarten mit der Zunahme des Wassers im Boden eine Erhöhung ein. Bei Gerste zeigt sich ein solcher Einfluss nicht durchgreifend.

Die Untersuchung der geernteten Pflanzen führte zu folgenden, auf sandfreie Trockensubstanz berechneten Ergebnissen:

(Siehe die Tabelle auf S. 12 und 13.)

Diese Untersuchungsergebnisse lassen in der prozentigen Zusammensetzung der Ernteprodukte keine in allen Versuchsreihen gleichmässig wiederkehrenden Schlussfolgerungen zu. Die Unterschiede sind bei dem verschiedenen Wassergehalt zum Teil so gering, dass es gewagt sein dürfte, in den Ergebnissen Stützpunkte für bestimmte Gesetzmässigkeiten in dem Einfluss des geringeren oder grösseren Wassergehaltes des Bodens auf den prozentigen Gehalt der Ernteprodukte zu suchen. Die von v. SEELHORST und seinen Mitarbeitern bei Versuchen beobachtete Abnahme des Stickstoffs mit steigendem Wassergehalt im Boden wird in diesen Versuchen nur vereinzelt bestätigt; mehr zeigt sich umgekehrt ein Steigen des Stickstoffgehaltes besonders bei der schwächeren Düngung bei Körnern und Stroh und beim Stroh nach der Volldüngung. Eine grössere Gleichmässigkeit zeigt die Zunahme an Phosphorsäure, Kalk, Magnesia und Kali mit steigendem Wassergehalt im Boden, obwohl eine allgemein wiederkehrende Regelmässigkeit auch hier nicht festzustellen ist. Aber auch die Zunahmen sind meistens nicht erheblich, so dass sie zum Teil als innerhalb der zulässigen Abweichungen von Untersuchungsergebnissen liegend angesehen werden dürfen. Einen Einfluss des Bodens oder der Stärke der Düngung lassen beide Versuchspflanzen hierbei nicht erkennen.

Anders ist es natürlich, wenn die Gesamtmenge der von den geernteten Pflanzen aufgenommenen Nährstoffe berechnet werden, denn hierbei kommen zugleich die mit dem gesteigerten Wassergehalt des Bodens anwachsenden Ernteergebnisse zum Ausdruck und müssen selbstredend, wenn die prozentigen Gehalts-

(Fortsetzung des Textes auf S. 14.)

a) Vollführung.

Wasser- gehalt des Bodens	Bodenart	Versuchspflanze	Körner					Stroh				
			Stick- stoff	Phos- phor- säure	Kalk	Mag- nesia	Kali	Stick- stoff	Phos- phor- säure	Kalk	Mag- nesia	Kali
			o/o	o/o	o/o	o/o	o/o	o/o	o/o	o/o	o/o	o/o
45	Lehmboden	Pferdebohne	5.05	1.22	0.49	0.17	1.02	1.77	0.29	2.88	0.75	2.08
60			4.96	1.45	0.38	0.19	1.09	1.64	0.32	2.50	0.67	2.29
75			5.17	1.35	0.49	0.24	1.35	1.84	0.29	2.64	0.55	2.46
45	Lehmboden	Pferdebohne nach Gerste	5.29	0.92	0.18	0.20	1.28	2.00	0.26	3.35	0.76	1.59
60			5.24	1.03	0.19	0.18	1.27	1.91	0.19	3.09	0.70	1.49
75			5.40	—	—	—	—	1.96	0.29	3.09	0.67	1.26
45	Sandboden	Pferdebohne	5.01	0.96	0.27	0.21	1.37	1.58	0.11	3.27	0.66	1.72
60			5.18	1.13	0.32	0.26	1.21	1.53	0.21	2.87	0.41	1.49
75			5.19	1.34	0.32	0.19	1.32	1.80	0.24	2.78	0.51	1.83
45	Sandboden	Pferdebohne nach Gerste	5.35	0.75	0.22	0.19	1.07	1.45	0.15	3.50	0.67	0.83
60			5.11	0.81	0.20	0.20	1.08	1.62	0.19	3.09	0.56	0.74
75			5.33	0.92	0.20	0.19	1.10	1.81	0.19	3.16	0.66	0.87
45	Lehmboden	Gerste	1.52	1.01	0.05	0.25	0.78	0.48	0.41	0.81	0.40	2.60
60			1.54	1.13	0.13	0.22	1.06	0.55	0.40	0.65	0.28	2.68
75			1.94	1.07	0.08	0.32	0.62	1.04	0.58	0.91	0.30	3.13
45	Lehmboden	Gerste nach Pferdebohne	1.91	1.10	0.06	0.30	0.60	0.64	0.34	1.00	0.39	3.71
60			2.20	1.12	0.11	0.29	0.60	0.78	0.36	1.10	0.38	2.69
75			2.19	1.07	0.17	0.26	0.61	0.94	0.56	1.19	0.38	3.22
45	Sandboden	Gerste	2.01	1.16	0.06	0.32	0.73	0.73	0.56	1.45	0.56	2.34
60			1.76	1.11	0.08	0.20	0.72	0.75	0.66	1.69	0.41	2.35
75			1.91	1.13	0.08	0.17	0.85	0.77	0.32	1.39	0.35	2.39

45	Sandboden	Gerste nach Pferdebohne	2.78	1.16	0.17	0.28	0.78	1.19	0.32	1.07	0.38	3.26
60			2.35	1.15	0.08	0.29	0.70	0.98	0.40	0.84	0.37	3.05
75			1.96	1.17	0.03	0.30	0.74	0.64	0.46	0.83	0.40	2.57
b) Halbe Völlungung.												
45	Lehmboden	Pferdebohne	4.94	1.25	0.69	0.17	1.07	1.85	0.32	3.21	0.67	2.41
60			5.12	1.34	0.44	0.17	0.96	1.87	0.32	1.44	0.69	1.67
75			5.28	1.98	0.38	0.22	1.68	1.69	0.28	2.29	0.57	1.78
45	Lehmboden	Pferdebohne nach Gerste	5.25	0.96	0.22	0.18	1.28	1.85	0.15	2.52	0.67	1.60
60			5.33	0.92	0.25	0.20	1.26	1.81	0.24	2.73	0.68	1.24
75			5.38	1.00	0.24	0.20	1.22	1.43	0.15	2.04	0.49	1.11
45	Sandboden	Pferdebohne	5.08	0.97	0.43	0.19	1.16	1.81	0.11	3.44	0.72	1.38
60			5.23	1.21	0.38	0.28	1.31	1.90	0.21	2.65	0.61	1.50
75			5.19	1.24	0.54	0.21	1.36	1.68	0.21	2.98	0.33	1.15
45	Sandboden	Pferdebohne nach Gerste	5.37	0.61	0.20	0.19	1.12	1.36	0.17	2.98	0.56	0.80
60			5.19	0.63	0.21	0.19	1.11	1.48	0.21	2.94	0.57	0.59
75			5.30	0.92	0.22	0.21	1.15	1.87	0.18	3.38	0.69	0.74
45	Lehmboden	Gerste	1.54	1.05	0.05	0.23	0.85	0.51	0.42	0.82	0.42	2.75
60			1.69	0.94	0.08	0.25	1.01	0.67	0.62	0.61	0.34	2.67
75			1.89	1.03	0.03	0.27	0.76	0.82	0.57	0.89	0.36	3.23
45	Lehmboden	Gerste nach Pferdebohne	1.80	1.11	0.05	0.32	0.67	0.65	0.30	0.84	0.35	2.69
60			1.94	1.10	0.05	0.27	0.67	0.73	0.24	0.90	0.29	2.83
75			2.04	1.07	0.15	0.24	0.63	0.86	0.34	1.20	0.38	2.55
45	Sandboden	Gerste	1.98	0.99	0.18	0.34	0.82	0.63	0.52	1.56	0.72	2.23
60			1.92	1.13	0.08	0.20	0.84	0.65	0.24	1.31	0.44	2.23
75			1.72	1.11	0.03	0.23	0.67	0.62	0.32	1.39	0.42	2.10
45	Sandboden	Gerste nach Pferdebohne	2.53	1.18	0.11	0.31	0.67	1.29	0.43	0.92	0.38	2.98
60			1.91	1.15	0.11	0.28	0.78	0.71	0.48	0.87	0.38	2.49
75			1.89	1.17	0.10	0.30	0.75	0.77	0.48	0.79	0.37	2.08

zahlen mit dem vermehrten Wassergehalt des Bodens nicht stark abfallen, wie es hier zutrifft, auf die Gesamtmenge der von den geernteten Pflanzen aufgenommenen Bestandteile erhöhend wirken. Die hierfür berechneten Zahlen sind folgende:

(Siehe die Tabelle auf S. 15 und 16.)

Diese Zahlen bestätigen die oben ausgesprochene Ansicht, dass der höhere Wasservorrat im Boden eine stärkere Nährstoffaufnahme durch die Pflanzen zur Folge gehabt hat. Im einzelnen zeigen sich bestimmte Unterschiede, die nicht rein zufälliger Art zu sein scheinen, aber eine naheliegende Erklärung finden können. Zunächst sind die Unterschiede in den beiden Düngungsreihen nicht so erheblich, wie man vielleicht aus dem Unterschiede der Nährstoffmengen erwarten konnte. Die Annahme liegt nahe, wie schon früher aus einer anderen Feststellung gefolgert wurde, dass auch die geringere Düngung noch reichlich genug gewesen ist; eine einseitige stärkere Gabe eines Nährstoffes, die eine Anreicherung der Pflanze mit diesem Bestandteil hätte zur Folge haben können, hat nicht stattgefunden, wenn man nicht aus den beobachteten verschiedenen Fruchtfolgen eine solche herleiten will. Der geringere Stickstoffgehalt der Pferdebohne, sowohl der Körner wie des Strohes im Lehm-boden und Sandboden nach vorhergehender Gerste und der vermehrte Stickstoffgehalt in Gerstenkörnern und Gerstenstroh da, wo die Gerste nach Pferdebohlen stand, erklärt sich zur Genüge aus der beobachteten Fruchtfolge, die, wie schon früher dargelegt wurde, den Ertrag in gleicher Weise beeinflusst hat. Aus dem Lehm-boden sind durchweg etwas grössere Nährstoffmengen aufgenommen, wie aus dem Sandboden; die Ursache dafür ist in der Nutzung des ursprünglichen Nährstoffvorrats im Boden, der im Lehm-boden höher als im Sandboden gewesen ist, gegeben. Dass Pferdebohlen und Gerste die Nährstoffe in verschieden hohem Grade aufnehmen, ist allgemein bekannt und anerkannt.

Zur Einhaltung und Regulierung des Wassergehaltes des Bodens wurden die Versuchsgefässe zuerst alle 8 Tage, später jeden 3. und schliesslich jeden 2. Tag gewogen. Die Bodenverdunstung wurde durch Feststellung des Gewichtsverlustes von unbewachsenen Versuchsgefässen berücksichtigt. Hierin liegen, wie auch schon von anderer Seite hervorgehoben worden ist,

(Fortsetzung des Textes auf S. 17.)

a) Vollführung.

Wasser- gehalt des Bodens	Bodenart	Versuchspflanze	Körner						Stroh			
			Stick- stoff		Phos- phor- säure		Kalk		Mag- nesia		Stick- stoff	
			g	g	g	g	g	g	g	g	g	g
45	Lehmboden	Pferdebohne	3.84	0.93	0.37	0.13	0.78	1.80	0.29	2.93	0.76	2.12
60			4.78	1.40	0.37	0.18	1.05	2.25	0.44	3.44	0.92	3.15
75			5.33	1.39	0.51	0.25	1.39	3.14	0.49	4.50	0.94	4.19
45	Lehmboden	Pferdebohne nach Gerste	2.24	0.42	0.08	0.08	0.54	1.07	0.14	1.79	0.41	0.85
60			3.31	0.65	0.12	0.11	0.80	1.56	0.16	2.52	0.57	1.22
75			4.14	—	—	—	—	2.29	0.34	3.61	0.78	1.47
45	Sandboden	Pferdebohne	2.65	0.51	0.14	0.11	0.72	1.28	0.09	2.66	0.54	1.40
60			3.58	0.78	0.22	0.18	0.84	1.61	0.22	3.02	0.43	1.57
75			4.04	1.04	0.25	0.15	1.03	2.01	0.27	3.10	0.57	2.04
45	Sandboden	Pferdebohne nach Gerste	1.90	0.27	0.08	0.07	0.38	0.64	0.07	1.54	0.29	0.37
60			2.41	0.38	0.09	0.09	0.51	1.16	0.14	2.22	0.40	0.53
75			3.21	0.55	0.12	0.11	0.66	1.37	0.14	2.40	0.50	0.66
45	Lehmboden	Gerste	0.25	0.17	0.01	0.04	0.13	0.18	0.07	0.13	0.07	0.43
60			0.40	0.29	0.03	0.06	0.27	0.13	0.10	0.16	0.07	0.66
75			0.63	0.36	0.03	0.10	0.20	0.32	0.18	0.28	0.09	0.95
45	Lehmboden	Gerste nach Pferdebohne	0.55	0.32	0.02	0.09	0.17	0.20	0.10	0.31	0.12	1.13
60			0.76	0.39	0.04	0.10	0.21	0.30	0.14	0.42	0.15	1.03
75			0.91	0.45	0.07	0.11	0.25	0.45	0.27	0.57	0.18	1.54
45	Sandboden	Gerste	0.18	0.10	0.01	0.03	0.07	0.07	0.05	0.14	0.05	0.22
60			0.29	0.24	0.02	0.04	0.16	0.15	0.13	0.34	0.08	0.48
75			0.53	0.31	0.02	0.05	0.23	0.19	0.08	0.35	0.09	0.58
45	Sandboden	Gerste nach Pferdebohne	0.66	0.27	0.04	0.07	0.18	0.36	0.10	0.33	0.12	1.00
60			0.60	0.29	0.02	0.07	0.18	0.31	0.13	0.26	0.12	0.96
75			0.44	0.26	0.01	0.07	0.17	0.29	0.21	0.38	0.18	1.17

b) Halbe Vollfütterung.

Wasser- gehalt des Bodens	Bodenart	Versuchspflanze	Körner					Stroh				
			Stick- stoff g	Phos- phor- säure g	Kalk g	Mag- nesia g	Kali g	Stick- stoff g	Phos- phor- säure g	Kalk g	Mag- nesia g	Kali g
45	Lehmboden	Pferdeböhne	3.80	0.96	0.53	0.13	0.82	1.86	0.32	3.23	0.67	2.43
60			4.78	1.25	0.41	0.16	0.90	2.38	0.41	1.84	0.88	2.13
75			4.83	1.81	0.35	0.20	1.54	2.76	0.46	3.75	0.93	2.91
45	Lehmboden	Pferdeböhne nach Gerste	2.24	0.41	0.09	0.08	0.55	1.01	0.08	1.38	0.37	0.88
60			3.16	0.55	0.15	0.12	0.75	1.47	0.19	2.22	0.55	1.01
75			4.16	0.77	0.19	0.15	0.94	1.68	0.18	2.39	0.58	1.30
45	Sandboden	Pferdeböhne	2.50	0.48	0.21	0.09	0.57	1.47	0.09	2.79	0.58	1.12
60			3.60	0.83	0.26	0.19	0.90	1.80	0.20	2.50	0.58	1.42
75			4.36	1.04	0.45	0.18	1.14	2.13	0.27	3.78	0.42	1.46
45	Sandboden	Pferdeböhne nach Gerste	1.91	0.22	0.07	0.07	0.40	0.61	0.08	1.33	0.25	0.36
60			2.59	0.31	0.10	0.09	0.55	0.94	0.13	1.87	0.36	0.37
75			3.14	0.55	0.13	0.12	0.68	1.40	0.13	2.52	0.52	0.55
45	Lehmboden	Gerste	0.25	0.17	0.01	0.04	0.14	0.08	0.07	0.13	0.07	0.44
60			0.38	0.21	0.02	0.06	0.23	0.14	0.13	0.13	0.07	0.57
75			0.50	0.27	0.01	0.07	0.20	0.20	0.14	0.22	0.09	0.78
45	Lehmboden	Gerste nach Pferdebohne	0.49	0.30	0.01	0.09	0.18	0.20	0.09	0.26	0.11	0.83
60			0.68	0.38	0.02	0.09	0.23	0.28	0.09	0.34	0.11	1.08
75			0.90	0.47	0.07	0.11	0.28	0.42	0.17	0.59	0.19	1.26
45	Sandboden	Gerste	0.17	0.08	0.02	0.03	0.05	0.05	0.04	0.13	0.06	0.19
60			0.41	0.24	0.02	0.04	0.18	0.13	0.05	0.27	0.09	0.45
75			0.37	0.24	0.01	0.05	0.14	0.12	0.06	0.28	0.08	0.42
45	Sandboden	Gerste nach Pferdebohne	0.48	0.22	0.02	0.06	0.13	0.33	0.11	0.23	0.10	0.76
60			0.42	0.25	0.02	0.07	0.17	0.18	0.12	0.22	0.09	0.62
75			0.41	0.25	0.02	0.07	0.16	0.19	0.12	0.20	0.09	0.53

Ungenauigkeiten, die sich bei der Art der Versuchsanordnung und -durchführung nicht vermeiden lassen, zwar den Wert der erhaltenen Zahlen für die Feststellung des Wasserbedarfes der Versuchspflanzen einschränken, aber diese Zahlen doch nicht wertlos machen und deshalb hier mitgeteilt werden sollen. Dabei kann darauf verzichtet werden, alle Einzelzahlen anzugeben, vielmehr mögen nur die für die hauptsächlichsten Wachstumsabschnitte ermittelten Gesamtzahlen angeführt werden. Diese Wachstumsabschnitte fielen bei den einzelnen Versuchspflanzen in die Zeit:

1. Bis zur Blüte	2. Von der Blüte bis zur Samenbildung	3. Von der Samenbildung bis zur Reife
a) Versuchspflanze: Pferdebohne.		
13. u. 14. Mai bis 29. Juni	30. Juni bis 30. Aug.	31. Aug. bis 27. Sept.
b) Versuchspflanze: Pferdebohne nach Gerste.		
14. Mai bis 30. Juni	1. Juli bis 22. Aug.	23. Aug. bis 28. Sept.
c) Versuchspflanze: Gerste.		
13. u. 14. Mai bis 4. Juli	5. Juli bis 24. Juli	25. Juli bis 22. Aug.
d) Versuchspflanze: Gerste nach Pferdebohne.		
14. Mai bis 3. Juli	4. Juli bis 22. Juli	23. Juli bis 25. Aug.

Die für den Wasserverbrauch der Pflanzen erhaltenen Zahlen sind folgende gewesen:

(Siehe die Tabelle auf S. 18—21.)

Aus diesen Zahlen ergibt sich ein Anwachsen des Wasserverbrauches mit der vermehrten Pflanzenproduktion, die wieder dem verschiedenen Wassergehalt des Bodens folgt. Es bestehen somit zwischen dem letzteren und dem gesamten Wasserverbrauch die gleichen Beziehungen, so dass also letzterer da am grössten ist, wo der Wassergehalt im Boden am höchsten ist. Dieses Ergebnis trifft für Pferdebohnen und Gerste zu und gilt für den Wasserbedarf während der ganzen Dauer der Vegetation sowohl wie auch in den unterschiedenen Wachstumsabschnitten. Hinsichtlich des Wasserverbrauchs in den einzelnen Vegetationsperioden erkennen wir die starke Zunahme in der beobachteten zweiten Periode von der Blüte bis zur Samenbildung und das

(Fortsetzung des Textes auf S. 22.)

a) Vollendung.

Wassergehalt des Bodens %	Bodenart	Bis zum Beginn der Blüte				Von der Blüte bis zur Samenbildung				Von der Samenbildung bis zur Reife				In der ganzen Vegetationszeit: Mittel	
		in Liter				in Liter				in Liter				im ganzen I	auf 1 g gebildeter Pflanzen- masse berechnet cm
		a	b	c	Mittel	a	b	c	Mittel	a	b	c	Mittel		
		Versuchspflanze: Pferdebohnen.													
45	Lehmboden	6.71	6.65	5.65	6.34	29.58	28.85	29.30	29.24	5.70	4.75	5.95	5.47	41.05	230.9
60	"	8.85	8.55	9.10	8.67	39.40	37.40	38.10	38.30	8.50	8.00	8.65	8.38	55.35	233.4
75	"	10.95	10.90	10.97	10.94	49.65	48.75	49.95	49.45	11.60	11.45	11.30	11.45	71.84	262.6
Versuchspflanze: Pferdebohnen nach Gerste.															
45	Lehmboden	5.74	4.59	4.65	4.99	16.17	15.71	15.48	15.79	5.85	5.20	5.15	5.40	26.18	273.6
60	"	8.40	8.85	8.26	8.51	25.95	26.85	27.32	26.71	8.50	8.65	8.65	8.60	43.82	302.5
75	"	10.18	10.73	10.49	10.47	36.85	37.07	34.57	36.16	11.50	12.50	11.10	11.70	58.33	301.8
Versuchspflanze: Pferdebohnen.															
45	Sandboden	4.12	4.48	5.15	4.58	22.77	22.10	23.90	22.93	5.25	4.40	5.25	4.97	32.48	242.4
60	"	6.92	6.68	6.05	6.55	30.45	29.90	29.18	29.84	6.85	6.80	6.55	6.73	43.12	247.5
75	"	9.05	8.95	8.20	8.73	33.40	38.05	33.75	35.07	8.15	8.95	8.35	8.48	52.28	276.2
Versuchspflanze: Pferdebohnen nach Gerste.															
45	Sandboden	4.35	4.17	4.33	4.28	14.62	14.00	13.90	14.17	4.85	4.40	4.71	4.65	23.10	280.6
60	"	6.07	6.48	6.25	6.23	20.15	22.33	22.10	21.51	6.80	7.60	7.12	7.17	34.81	239.7
75	"	7.77	7.38	6.98	7.38	26.37	27.05	28.20	27.21	8.55	8.60	9.10	8.75	43.34	318.2

Wasser- gehalt des Bodens	Bodenart	Bis zum Beginn der Blüte			Von der Blüte bis zur Samenbildung			Von der Samenbildung bis zur Reife			In der ganzen Vegetationszeit: Mittel				
		a	b	c	Mittel	a	b	c	Mittel	im ganzen I	auf 1 g gebildeter Pflanzen- masse berechnet ccm				
												in Liter			in Liter
Versuchspflanze: Gerste.															
45	Lehmboden	4.90	4.75	4.60	4.75	2.58	2.23	2.28	2.36	1.72	1.50	1.47	1.56	8.57	258.1
60	"	7.00	6.80	7.04	6.95	4.10	3.98	4.35	4.14	2.35	2.28	3.29	2.64	13.73	272.2
75	"	6.80	9.09	8.20	8.03	5.13	7.00	5.72	5.95	4.57	6.46	5.27	5.43	19.41	309.1
in Liter															
Versuchspflanze: Gerste nach Pferdebohnen.															
45	Lehmboden	11.01	9.72	9.38	10.04	6.03	5.10	4.90	5.34	4.60	3.35	3.45	3.80	19.18	321.9
60	"	12.55	13.21	13.81	13.19	6.95	6.45	7.65	7.02	6.25	6.85	7.75	6.95	27.16	372.0
75	"	16.70	16.85	16.46	16.67	9.75	9.70	8.85	9.43	9.45	10.95	10.55	10.32	36.42	407.4
in Liter															
Versuchspflanze: Gerste.															
45	Sandboden	2.77	3.11	2.95	2.94	1.45	1.50	1.65	1.53	1.25	1.03	1.50	1.26	5.73	308.0
60	"	5.35	5.30	4.65	5.10	4.00	3.55	3.42	3.66	3.79	3.35	3.42	3.52	12.28	293.1
75	"	5.35	6.65	6.50	6.18	3.62	4.78	5.92	4.77	3.35	4.54	7.03	4.97	15.92	302.1
in Liter															
Versuchspflanze: Gerste nach Pferdebohnen.															
45	Sandboden	6.71	7.04	7.97	7.24	4.92	5.50	5.48	5.30	7.25	6.00	5.55	6.27	18.81	347.7
60	"	8.44	10.32	10.82	9.86	5.43	6.70	6.80	6.31	5.90	7.00	6.85	6.58	22.75	400.0
75	"	11.33	10.50	11.90	11.24	6.40	5.30	7.50	6.40	6.95	5.55	7.15	6.55	24.19	505.0

b) Halbe Vollidungung.

Wassergehalt des Bodens %	Bodenart	Bis zum Beginn der Blüte					Von der Blüte bis zur Samenbildung					Von der Samenbildung bis zur Reife					In der ganzen Vegetationszeit: Mittel	
		in Liter					in Liter					in Liter					im ganzen	auf 1 g gebildeter Pflanzen- masse berechnet ccm
		a	b	c	Mittel		a	b	c	Mittel		a	b	c	Mittel			
Versuchspflanze: Pferdebohnen.																		
45	Leimboden	6.15	6.50	6.15	6.27	27.90	27.90	27.83	27.88	5.60	4.90	5.45	5.32	39.47	292.1			
60	"	9.42	8.55	8.32	8.93	39.60	36.48	36.75	37.61	7.25	7.65	8.55	7.82	54.36	246.1			
75	"	9.69	11.00	10.60	10.43	47.63	51.35	48.80	50.59	11.35	11.75	11.45	11.52	70.54	276.5			
Versuchspflanze: Pferdebohnen nach Gerste.																		
45	Leimboden	5.52	5.53	4.85	5.30	16.05	16.04	17.05	16.38	5.75	4.80	5.75	5.40	27.08	277.7			
60	"	8.39	8.42	7.20	8.00	24.35	25.25	26.43	25.34	7.10	8.10	8.90	8.03	41.37	294.4			
75	"	12.91	10.30	11.20	11.47	41.45	38.53	39.72	39.90	14.00	11.85	11.20	12.35	63.72	323.1			
Versuchspflanze: Pferdebohnen.																		
45	Sandboden	5.00	5.00	4.79	4.93	23.95	23.05	24.08	23.69	5.55	4.85	5.30	5.23	33.85	259.4			
60	"	—	6.05	7.17	6.61	—	29.10	29.40	29.25	—	6.75	6.75	6.75	42.61	257.8			
75	"	10.47	8.90	9.81	9.73	38.30	35.02	36.85	36.72	8.75	8.40	8.55	8.55	55.00	259.8			
Versuchspflanze: Pferdebohnen nach Gerste.																		
45	Sandboden	4.30	3.98	4.89	4.37	14.20	13.65	15.78	14.54	4.45	4.50	5.10	4.68	23.59	294.5			
60	"	6.45	6.37	6.38	6.40	21.29	22.69	22.38	22.11	6.45	7.75	7.10	7.10	35.61	314.3			
75	"	8.10	7.74	5.39	7.08	28.15	28.16	28.05	28.12	9.00	8.40	9.30	8.90	44.10	329.1			

Wassergehalt des Bodens %	Bodenart	Bis zum Beginn der Blüte				Von der Blüte bis zur Samenbildung				Von der Samenbildung bis zur Reife				In der ganzen Vegetationszeit: Mittel	
		in Liter				a	b	c	Mittel	a	b	c	Mittel	im ganzen 1	auf 1 g gebildeter Pflanzen- masse berechnet ccm
		a	b	c	Mittel										

Versuchspflanze: Gerste.

45	Lehmboden	4.68	4.55	4.84	4.56	2.55	2.02	2.32	2.29	1.72	1.17	1.38	1.42	8.27	258.4
60	"	7.25	6.43	6.61	6.76	3.83	3.25	3.78	3.62	2.15	2.23	2.39	2.26	12.64	289.2
75	"	6.43	8.72	7.30	7.38	4.52	5.62	4.42	4.85	4.00	4.30	3.40	3.90	16.13	318.1

Versuchspflanze: Gerste nach Pferdebohnen.

45	Lehmboden	10.63	9.71	8.72	9.69	6.25	4.78	4.45	5.16	4.95	3.45	3.30	3.90	18.75	323.3
60	"	13.85	13.60	15.40	14.28	6.55	6.15	8.75	7.15	5.25	4.95	8.30	6.17	27.60	378.6
75	"	17.43	18.02	17.50	17.85	9.85	9.45	9.30	9.53	9.60	8.80	10.05	9.48	36.86	393.8

Versuchspflanze: Gerste.

45	Sandboden	3.02	3.00	2.97	3.00	1.57	1.43	1.65	1.55	1.25	1.22	1.65	1.37	5.92	348.2
60	"	4.35	4.88	4.90	4.71	2.70	2.62	4.67	3.33	2.33	2.05	5.60	3.33	11.37	318.5
75	"	6.37	5.60	5.55	5.84	4.13	3.72	3.59	3.81	3.32	3.65	3.40	3.46	13.11	317.1

Versuchspflanze: Gerste nach Pferdebohnen.

45	Sandboden	6.61	6.16	7.15	6.64	4.48	4.70	5.00	4.73	5.15	5.05	5.20	5.13	16.50	371.6
60	"	—	9.68	9.76	9.72	—	6.05	6.45	6.25	—	5.70	6.50	6.10	22.07	471.2
75	"	10.81	11.22	12.20	11.41	6.25	5.93	7.65	6.61	6.85	5.60	8.55	6.93	24.95	593.1

Abfallen in der folgenden Zeit bis zur Reife und zwar einheitlich bei beiden Versuchspflanzen unabhängig von Boden, Düngung, Fruchtfolge und Wassergehalt im Boden. Letztere Faktoren haben auch die obigen Beziehungen im Wasserverbrauch während der ganzen Vegetationszeit nicht gestört. Wohl aber ist der absolute Wasserverbrauch im Sandboden geringer gewesen wie im Lehmboden und zwar sowohl bei Pferdebohnen wie bei Gerste, einerlei ob diese Pflanzen als erste Frucht in dem Versuchsboden gewachsen waren oder ob die Pferdebohnen nach Gerste und die Gerste nach Pferdebohnen standen. Die Erklärung für diesen unterschiedlichen Wasserverbrauch ist in dem verschiedenen Pflanzenbestand zu suchen, der im Sandboden durchweg geringer als im Lehmboden gewesen ist. Deshalb wird man ein zutreffendes Vergleichsbild von dem Wasserverbrauch der Pflanzen unter dem Einfluss der beobachteten verschiedenen Wachstumsfaktoren erhalten, wenn man den Verbrauch für 1 g der gebildeten Pflanzenmasse berechnet. Leider ist es unterblieben, den Ertrag an Pflanzenmasse in den einzelnen unterschiedenen Wachstumsabschnitten festzustellen, so dass wir hierbei auf den Vergleich der absoluten Wasserverbrauchszahlen angewiesen sind. Die für 1 g der gebildeten Pflanzenmasse im ganzen verbrauchte Wassermenge ist in der letzten Reihe der obigen Zusammenstellungen berechnet worden. Aus diesen Zahlen folgt, dass unter gleichen Boden- und Düngungsverhältnissen der Wasserbedarf bei der Gerste grösser ist, als bei der Pferdebohne, was mit den Beobachtungen von HELLRIEGEL u. a. übereinstimmt. Bei beiden Pflanzen steigt der Wasserverbrauch der Pflanzen mit dem Wasservorrat im Boden, was auf einen Luxusverbrauch zurückzuführen sein dürfte, wie ihn auch PFEIFFER annimmt, wenn den Pflanzen reichliche Wassermengen zur Verfügung stehen. Dabei scheint nach den in den beiden Düngungsreihen erzielten Ergebnissen die Düngung keinen wesentlichen Einfluss ausgeübt zu haben, denn die Unterschiede im Wasserverbrauch für 1 g gebildeter Pflanzenmasse sind in den gleichen Versuchsreihen nach der vollen und halben Düngung nicht sehr erheblich; es mag dieses hauptsächlich darauf zurückzuführen sein, dass das Verhältnis der Nährstoffe zueinander in den beiden Düngungsreihen dasselbe gewesen ist. Wenn man aber die vorliegenden geringen Unterschiede im Wasserverbrauch beachten will, so wird man den stärkeren Wasserbedarf sowohl bei Pferdebohnen

wie Gerste mit geringen Ausnahmen in der Reihe mit der schwächeren Düngung feststellen müssen. Dieses würde mit der bereits wiederholt festgestellten Erscheinung übereinstimmen, dass eine reichliche Düngung im Boden wassersparend wirkt; ich kann in dieser Hinsicht auf meine früheren Versuche¹⁾ hinweisen. Wenn in den jetzigen Versuchen die Beziehungen zwischen Pflanzenernährung und Wasserverbrauch nicht so scharf wie bei anderen Versuchen hervorgetreten sind, so wird der Grund dafür darin liegen, dass, wie schon oben erwähnt ist, das Verhältnis der Pflanzennährstoffe in den beiden angewendeten Düngungen dasselbe gewesen ist, ferner dass auch die schwächere Düngung für die erzielte Pflanzenmasse noch eine reichliche Ernährung geboten hat; für die letztere Annahme spricht, dass in den beiden Düngungsreihen in den Ernteerträgen eine starke unterschiedliche Wirkung der stärkeren und schwächeren Düngung nicht hervorgetreten ist.

Um der Wirkung der Düngung auf den Wasserverbrauch bei der Pflanzenentwicklung noch weiter nachzugehen, wurde noch folgender Versuch ausgeführt. Der Wassergehalt des Bodens war in allen Versuchsreihen derselbe, nämlich gleich 60% der wasserfassenden Kraft des Bodens. Die Düngung wurde aber so gewählt, dass neben einfacher und doppelter Volldüngung einseitige Düngungen unter Fortfall von Phosphorsäure oder Kali oder Stickstoff geprüft wurden. Im einzelnen ergibt sich die Düngung aus der nachfolgenden Zusammenstellung. Der Versuchsboden war ein Sandboden, der in der Trockensubstanz enthielt: 2.23 % organische Stoffe (Glühverlust) mit 0.050 % Stickstoff, 97.77 % Mineralstoffe mit 0.340 % Kalk, 0.150 % Magnesia, 0.480 % Kali, 0.048 % Phosphorsäure. Die Versuchsgefässe hatten eine Oberfläche von 700 qcm und fassten 29 kg Boden. Als Volldüngung wurde für je 1 Gefäss gegeben: 0.8 g Stickstoff in Ammonnitrat, 1.0 g Kali in einem aus gleichen Mengen von Chlorkalium und Kaliumsulfat bestehenden Gemisch, 1 g Phosphorsäure in Superphosphat und 25 g kohlensaurer Kalk. Versuchspflanze war Gerste. Der Verlauf des Aufganges und der Entwicklung der Pflanzen war in allen Versuchsreihen gleichmässig und ohne Störung. Der Ertrag war folgender:

¹⁾ Landwirtschaftliche Jahrbücher 1905, 661.

D ü n g u n g	Gesamtertrag			
	a	b	c	Mittel
Ungedüngt	91.0	72.8	82.0	81.9
Volldüngung	114.7	114.8	110.3	113.3
" — Phosphorsäure	111.5	111.5	107.7	110.2
" — Kali	116.5	113.8	112.0	114.1
" — Stickstoff	77.0	75.5	83.0	78.5
2 × Volldüngung	123.5	118.5	133.5	125.2
2 × " — 1 × Phosphorsäure	122.2	120.8	123.0	122.0
2 × " — 1 × Kali	116.0	122.0	117.7	118.6
2 × " — 1 × Stickstoff	116.7	105.5	120.0	114.1

Der Einfluss der Volldüngung auf den Ertrag tritt deutlich hervor; dabei macht sich besonders die Stickstoffwirkung bemerkbar, kaum diejenige von Phosphorsäure und Kali. Die Verstärkung der Düngung hat zu einer entsprechenden Ertragssteigerung nicht geführt. Ausser dem Verhältnis von Körner

D ü n g u n g	Prozentige Zusammensetzung					
	Körner				Stroh	
	Stickstoff	Phosphorsäure	Kalk	Kali	Stickstoff	Phosphorsäure
Ungedüngt	1.65	0.88	0.19	0.61	0.68	0.16
Volldüngung	1.98	0.83	0.19	0.60	0.88	0.19
" — Phosphorsäure	2.02	0.89	0.15	0.72	0.89	0.19
" — Kali	2.07	0.86	0.27	0.61	1.04	0.22
" — Stickstoff	1.72	0.95	0.34	0.74	0.79	0.24
2 × Volldüngung	2.42	0.83	0.24	0.69	1.26	0.25
2 × " — 1 × Phosphorsäure	2.33	0.84	0.26	0.75	1.26	0.23
2 × " — 1 × Kali	2.32	0.81	0.28	0.75	1.22	0.24
2 × " — 1 × Stickstoff	2.06	0.93	0.14	0.78	1.09	0.22

Zur Feststellung des Wasserbedarfes der Pflanzen wurde in der früher bereits angegebenen Weise verfahren. Die dabei erhaltenen Ergebnisse sind folgende gewesen:

(Siehe die Tabelle auf S. 26/27.)

Aus diesen Zahlen folgt, dass der grösste Wasserverbrauch in die Zeit bis zur Blüte fällt, dass er von da ab bis zur Samenbildung zurückgeht und in der Reifeperiode am geringsten ist. Dieses Ergebnis tritt in allen Düngungsreihen in gleichem Grade

Körner				Stroh				Verhältnis der Körner zu Stroh wie 1 :
a	b	c	Mittel	a	b	c	Mittel	
47.1	37.0	41.6	41.9	43.9	35.8	40.4	40.0	0.95
58.2	58.2	54.4	56.3	58.5	56.6	55.9	57.0	1.01
53.7	55.6	50.9	53.4	57.8	55.9	56.8	56.8	1.06
58.8	56.9	54.6	56.6	58.2	56.9	57.4	57.5	1.02
40.1	37.5	43.1	40.2	36.9	38.0	39.9	38.3	0.95
60.2	55.5	62.1	59.3	63.3	63.0	71.4	65.9	1.11
59.2	55.4	58.9	57.8	63.0	65.4	64.1	64.2	1.11
54.6	57.8	54.6	55.7	61.4	64.2	63.1	62.9	1.13
58.3	53.4	56.9	56.2	58.4	52.1	63.1	57.9	1.03

zu Stroh, das wenig oder gar nicht beeinflusst worden ist, sei auch noch die Zusammensetzung der geernteten Pflanzenmasse angegeben, wenn auch durch diesen Versuch eine Beeinflussung derselben durch einen verschiedenen Wassergehalt im Boden nicht geprüft werden kann; letztere war folgende:

Stroh		Gesamtmenge in der geernteten Substanz in Gramm							
		Körner				Stroh			
Kalk	Kali	Stickstoff	Phosphorsäure	Kalk	Kali	Stickstoff	Phosphorsäure	Kalk	Kali
1.12	1.96	0.69	0.37	0.08	0.26	0.27	0.06	0.45	0.78
1.51	2.54	1.07	0.47	0.11	0.34	0.50	0.11	0.86	1.45
1.45	2.49	1.08	0.48	0.08	0.39	0.51	0.11	0.82	1.41
1.69	2.21	1.17	0.49	0.15	0.35	0.60	0.13	0.87	1.27
1.57	2.44	0.69	0.38	0.14	0.30	0.30	0.09	0.60	0.93
1.69	3.03	1.44	0.50	0.14	0.41	0.83	0.16	1.11	2.00
1.81	2.98	1.35	0.49	0.15	0.43	0.81	0.15	1.16	1.91
1.87	2.88	1.29	0.45	0.16	0.42	0.77	0.15	1.18	1.81
1.51	3.23	1.16	0.52	0.08	0.44	0.63	0.13	0.87	1.87

hervor. Der Wasserbedarf in den unterschiedenen Wachstumsperioden sowohl wie für die ganze Wachstumszeit wird nur von der Stickstoffdüngung in deutlich hervortretendem Grade beeinflusst und dieses auch nur in der Reihe, in der neben Phosphorsäure und Kali überhaupt kein Stickstoff gegeben worden ist. Bereits da, wo neben den doppelten Mengen von Phosphorsäure und Kali mit der einfachen Menge Stickstoff gedüngt wurde, tritt dieser Einfluss deutlich zurück. Wenn man damit die erzielten Erträge vergleicht, so erkennt man, dass diese mit

Düngung	Bis zum Beginn der Blüte				Von der Samen-	
	a	b	c	Mittel	a	b
	in Liter				in	
Ungedüngt.	10.92	9.32	9.67	9.97	6.93	6.28
Volldüngung	13.42	12.77	11.87	12.69	9.38	9.68
" — Phosphorsäure	12.82	12.27	12.07	12.39	9.43	9.53
" — Kali	13.48	12.32	12.12	12.64	9.33	9.42
" — Stickstoff.	9.62	10.12	10.12	9.96	7.73	6.73
2 mal Volldüngung	14.02	12.87	14.02	13.64	9.62	10.03
2 " " — Phosphors.	13.82	12.47	13.47	13.25	10.13	10.08
2 " " — Kali	13.68	12.57	13.07	13.11	9.73	10.03
2 " " — Stickstoff.	12.47	12.67	12.22	12.45	9.73	8.83

den von den Pflanzen verbrauchten Wassermengen parallel gehen. Der geringere absolute Wasserverbrauch in dem gänzlich ohne Stickstoffzufuhr gebliebenen Boden im Vergleich zu den übrigen Versuchsreihen ist deutlich. Selbstredend stellt sich die relative Wasserverbrauchszahl für 1 g gebildeter Pflanzenmasse entsprechend der geringeren Ernte in dieser Reihe anders und zwar steigt diese Zahl von 234—240.9 ccm verbrauchten Wassers in den übrigen Versuchsreihen auf 274.1 ccm nach stickstofffreier Düngung, ein Beweis dafür, dass die reichlich und mit allen Nährstoffen ausreichend gedüngten Pflanzen weniger Wasser nötig haben, als die schwächer oder einseitig gedüngten Pflanzen.

Es kann hier auch noch auf andere hiesige Versuche, über die in anderem Zusammenhange bereits an anderer Stelle¹⁾ berichtet worden ist, hingewiesen werden, die zur Prüfung der Wirkung der Kalisalze auf den Wasserbedarf der Pflanzen dienen können. Aus der Mitteilung dieser Versuche über die Wirkung des sogen. Endlaugenkalkes bzw. besonderer Humuspräparate sei, ohne hier auf Einzelheiten dieser Versuche einzugehen, nur das an dieser Stelle Wesentliche hervorgehoben. Der Versuchsboden war ein milder Lehm Boden, der in der Trockensubstanz 1.81 % organische Stoffe (Glühverlust) mit 0.073 % Stickstoff und 98.19 % Mineralstoffe mit 0.431 % Kalk, 0.137 % Magnesia, 0.116 % Kali und 0.077 % Phosphorsäure enthielt. Die Versuche

¹⁾ Landwirtschaftliche Jahrbücher 1915, 825, 845.

Blüte bis zur bildung		Von der Samenbildung bis zur Ernte				In der ganzen Vegetations- zeit:	
c	Mittel	a	b	c	Mittel	Mittel im ganzen l	Mittel auf 1 g gebildeter Pflanzenmasse ccm
Liter		in Liter					
6.78	6.66	2.61	2.65	2.85	2.70	19.33	236.0
8.93	9.33	4.40	4.90	4.75	4.68	26.70	235.6
9.28	9.41	4.60	4.75	4.90	4.75	26.55	240.9
9.93	9.56	4.75	4.75	5.20	4.90	27.10	237.5
7.32	7.59	4.60	4.20	3.10	3.97	21.52	274.1
10.63	10.09	5.30	5.50	5.90	5.57	29.30	234.0
10.23	10.15	5.60	5.90	5.95	5.82	29.22	239.5
10.08	9.95	5.70	5.75	5.90	5.78	28.84	243.2
9.93	9.50	5.90	4.00	5.75	5.08	27.03	236.9

wurden mit je 2 Sorten Sommerweizen und Hafer ausgeführt. Bei den Versuchen mit Sommerweizen hatten die Versuchsgefäße eine Oberfläche von 700 qcm und fassten 26 kg Boden. Die Düngung bestand für je 1 Versuchsgefäß aus 0.9 g Stickstoff in Ammonnitrat, 1.12 g Phosphorsäure in Superphosphat und 0.75 g Kali in Kainit oder 40 % Kalisalz; Kalk wurde durch kohlen-sauren Kalk gegeben. Bei den Versuchen mit Hafer wurden Gefäße von 450 qcm Oberfläche, die 16 kg Boden enthielten, benutzt. Entsprechend der geringeren Bodenmenge wurde auch die Düngung gekürzt; es wurde in derselben Form wie vorher für je 1 Gefäß gegeben: 0.6 g Stickstoff, 0.75 g Phosphorsäure und 0.5 g Kali. An Humuskieselsäure wurden in der Versuchsreihe mit Sommerweizen 15 g, in der Reihe mit Hafer 10 g für je 1 Gefäß gegeben. Der Wassergehalt des Bodens wurde während des Versuches auf 60 % der wasser-fassenden Kraft des Bodens gehalten. Der Wasserverbrauch in den einzelnen Versuchsreihen ist folgender gewesen:

(Siehe die Tabelle auf S. 28 und 29.)

Aus diesen Zahlen und den früher im einzelnen mitgeteilten Ernteergebnissen berechnet sich für 1 g geernteter Pflanzentrockensubstanz folgender Wasserverbrauch:

(Siehe die Tabelle auf S. 30.)

Düngung mit		Bis zum Beginn des Schossens				Von der Zeit des Schossens bis zum Beginn der Blüte				Von der Zeit der Blüte bis zur Ernte				Im ganzen verbraucht für je 1 Gefäß
		in Liter				in Liter				in Liter				
		a	b	c	Mittel	a	b	c	Mittel	a	b	c	Mittel	
Kalisalzen	Humus-kiesel-säure													
Versuchspflanze: Strubus begrannter Salschützer Sommerweizen.														
0	0	6.00	7.35	6.70	6.68	16.60	15.65	15.10	15.78	5.85	5.90	5.75	5.83	28.30
Kainit	0	4.95	6.40	—	5.67	15.80	15.30	15.20	15.43	5.85	5.75	5.55	5.72	26.83
40 % Kalisalz	0	6.35	7.00	7.10	6.82	15.80	15.30	15.90	15.78	5.90	6.15	5.75	5.93	28.53
Versuchspflanze: Strubus begrannter Salschützer Sommerweizen.														
0	gegeben	7.85	6.95	7.40	7.40	16.10	15.80	15.60	15.83	6.20	5.65	5.70	5.85	29.08
Kainit	"	6.50	6.45	6.90	6.62	15.65	15.65	15.85	15.72	5.85	5.80	5.80	5.82	28.15
40 % Kalisalz	"	7.25	7.15	7.00	7.13	15.85	15.35	16.10	15.77	6.10	5.75	6.10	5.98	28.88
Versuchspflanze: Roter Bordeaux-Sommerweizen.														
0	0	5.70	5.55	—	5.63	15.55	13.30	14.25	14.37	5.75	5.40	5.65	5.60	25.59
Kainit	0	5.65	5.25	5.45	5.45	14.85	13.10	12.65	13.53	4.70	5.40	5.60	5.23	24.21
40 % Kalisalz	0	5.35	5.55	5.85	5.58	14.40	14.35	13.80	14.18	5.05	5.45	5.05	5.18	24.95
Versuchspflanze: Roter Bordeaux-Sommerweizen.														
0	gegeben	6.45	6.75	6.10	6.43	14.65	15.20	14.65	14.83	5.70	5.60	5.60	5.63	26.90
Kainit	"	6.60	5.70	5.65	5.98	14.75	15.10	14.30	14.72	6.15	6.15	4.90	5.73	26.43
40 % Kalisalz	"	6.55	5.70	5.90	6.05	15.10	13.85	15.00	14.65	5.90	5.00	5.70	5.53	26.23

Kalidünger	Ohne Humuskieselsäure			Mit Humuskieselsäure		
	Wasser- verbrauch im ganzen	Ernte an Trocken- substanz pro Topf	Wasserver- brauch für 1 g ge- ernteter Pflanzen- trocken- substanz	Wasser- verbrauch im ganzen	Ernte an Trocken- substanz pro Topf	Wasserver- brauch für 1 g ge- ernteter Pflanzen- trocken- substanz
	l	kg	g	l	kg	g

Versuchspflanze: Strubes begrannter Salschützer Sommerweizen.

0	28.30	102.0	277.0	29.08	96.1	302.6
Kainit	26.83	95.6	280.6	28.15	93.3	301.7
40% Kalisalz	28.53	100.7	283.3	28.88	95.7	301.8

Versuchspflanze: Roter Bordeaux-Sommerweizen.

0	25.59	74.7	342.6	26.90	80.0	336.2
Kainit	24.21	74.8	323.7	26.43	85.8	308.1
40% Kalisalz	24.95	69.9	356.9	26.23	77.9	336.7

Versuchspflanze: Strubes Schlanstedter Hafer.

0	19.02	67.6	281.3	18.58	61.4	302.5
Kainit	18.67	64.8	288.0	17.59	60.1	292.6
40% Kalisalz	19.09	65.1	293.3	18.43	62.5	294.8

Versuchspflanze: Fichtelgebirgs-Hafer.

0	18.50	55.3	334.5	18.32	55.0	333.0
Kainit	18.03	57.5	313.5	17.78	56.2	316.4
40% Kalisalz	18.23	56.7	321.6	18.01	57.2	314.8

Aus der ersten Zusammenstellung ergibt sich der stärkste Wasserverbrauch in der Zeit des Schossens bis zum Beginn der Blüte. Die Unterschiede in der verbrauchten absoluten Wassermenge sind in den Versuchsreihen ohne Kali nicht sehr abweichend von denjenigen mit Kalidüngung, weder bei den beiden Sommerweizen-, noch bei den beiden Hafersorten und weiter weder in den einzelnen Wachstumsabschnitten, noch in der ganzen Wachstumsdauer. Wenn man die geringen Abweichungen in den einzelnen Versuchsreihen ausser Acht lassen will, so kann man aus diesen Ergebnissen nach der Kalidüngung, insbesondere nach der Anwendung von Kainit eine geringe Abnahme des absoluten Wasserverbrauches herauslesen. Auch die Zahlen für den auf 1 g der geernteten Pflanzenmasse berechneten

Wasserverbrauch zeigen diese Beziehungen; die Unterschiede sind auch hier nicht gross und verlaufen dabei nicht in allen Versuchsreihen gleichmässig. Ich wage deshalb nicht aus diesen Ergebnissen einen Schluss auf die Beeinflussung des Wasserverbrauches durch die Kalidüngung bei Sommerweizen und Hafer zu ziehen oder in denselben eine Bestätigung der anderwärts beobachteten wassersparenden Wirkung der Kalisalze zu sehen.

Zweifellos bestehen zwischen Bodenfeuchtigkeit, Nährstoffaufnahme und Ertrag enge Beziehungen, deren Klarlegung bei weiterer Ausdehnung der Ackerbewässerung auch bei uns noch mehr, wie es bisher geschehen ist, anzustreben ist. Über den verschiedenen Wasserbedarf der Pflanzen in den einzelnen Entwicklungsabschnitten besteht kaum noch ein Zweifel; diesem Bedürfnis wird sich die Ackerbewässerung anschliessen müssen, wenn sie Nutzen bringen soll. Dagegen dürfte die Prüfung des Einflusses der Pflanzenart und vielleicht auch verschiedener Varietäten derselben Art auf den Wasserverbrauch, ferner auch die Untersuchung der Einwirkung einzelner Düngemittel und einseitiger Düngungen auf das Wasserbedürfnis der Pflanzen eine beachtenswerte Vervollständigung unserer bisherigen Kenntnis der Beziehungen zwischen Bodenfeuchtigkeit und Ertrag bringen, die zur Sicherstellung des Erfolges der Ackerbewässerung gewiss beitragen wird.

Über den Nachweis von Melasse in Trockenschnitzeln.

Von

A. STRIGEL (Ref.) und C. WILCKE.

Die als Nebenprodukte der Zuckerfabrikation nach verschiedenen Verfahren gewonnenen Trocken- und Zuckerschnitzel nehmen bekanntlich eine hervorragende Stelle unter den Futtermitteln des Handels ein, da sie in grossen Mengen hergestellt werden und ein gutes, haltbares Trockenfutter vorstellen. Ihnen gesellen sich die Melassetrockenschnitzel zu, welche durch Vermischen der ausgelaugten und abgepressten Rübenschnitzel mit heisser Melasse und darauffolgender Trocknung hergestellt werden. Die Melasseschnitzel sind, falls ihr Wassergehalt nicht über 15 % liegt, ebenso haltbar wie die Trockenschnitzel; hinsichtlich ihres Nährwertes sind sie den Zuckerschnitzeln ebenbürtig, durch ihren höheren Gehalt an Mineralstoffen und Stickstoffverbindungen besitzen sie zugleich noch einen gewissen Düngewert, welchen DAHLE¹⁾ (unseres Erachtens reichlich hoch) auf beinahe 2 M. pro 100 kg Melasse einschätzt.

Aus alledem erhellt aber, dass gegen Melassetrockenschnitzel, wenn sie als solche angeboten und zu angemessenem Preise verkauft werden, nichts einzuwenden ist. Werden sie dagegen, wie dies öfters geschieht, vom Händler unter Verschweigung des Melassezusatzes als Trocken- oder Zuckerschnitzel verkauft, so liegt hierin eine Übervorteilung des Käufers, denn wenn z. B. der Preis für Trockenschnitzel 13—14 M. und der

¹⁾ Blätter für Zuckerrübenbau 21, 1914, S. 90.

für Melasse 6 M. pro 100 kg (in Friedenszeiten) beträgt, so erzielt der betreffende Händler durch Zumischen von 25 % Melasse zu den Schnitzeln einen unreellen Gewinn von rund 2 M. pro 100 kg.

Schon aus diesem Grunde erscheint es wünschenswert, die als Trocken- oder Zuckerschnitzel bezeichneten Proben auf das Vorhandensein von Melasse zu prüfen und die Menge der letzteren wenigstens annähernd zu bestimmen. Der qualitative Nachweis von Melasse durch die Farbe eines unter bestimmten Bedingungen (etwa durch halbstündiges Schütteln der zerkleinerten Schnitzelprobe mit der 10fachen Wassermenge und nachherigem Filtrieren) gewonnenen Auszugs ist sehr unsicher, da auch melassefreie Schnitzel oftmals einen mehr oder weniger braun-gefärbten wässrigen Extrakt liefern, dessen Farbentönung von der mehr oder minder gut gelungenen Trocknung der Schnitzel abhängt. Nur bei Schnitzeln, welche frei von verkohlten und karamelisierten Brocken sind, nähert sich der Wasserauszug der Farblosigkeit.

Als sicheres Erkennungsmittel selbst kleinerer Mengen Melasse in Trockenschnitzeln empfiehlt F. Wox¹⁾ nachstehende Prüfung: „Melasse zeigt nach dem Ansäuern mit Phosphorsäure einen von flüssigen organischen Säuren und Riechstoffen stammenden eigenartigen, unangenehmen Geruch, der ein Mischgeruch ist, in welchem Essigsäure, namentlich aber Gerüche, wie sie zersetzten Abwässern von Molkereien oder Brennereien anhaften, hervortreten.“ Vermittelst dieser Geruchsreaktion soll ein Zusatz von 5 % Melasse zu Trockenschnitzeln noch ganz deutlich wahrnehmbar sein. „Werden reine Schnitzel mit Wasser digeriert und die Lösung sanft abgepresst, so zeigt diese nach dem Ansäuern mit Phosphorsäure den reinen Rübengeruch mit angenehmem, brotartigem Beigeruch. Die wässrigen Auszüge der zu prüfenden Schnitzel werden schwach alkalisch gemacht, eingedampft und dann angesäuert. Nach Versuchen von Wox ist der oben beschriebene Geruch noch deutlich erkennbar, wenn der stark eingedampfte Wasserauszug noch 1.25 g Melasse enthält.“

Wir haben die uns zur Verfügung stehenden Schnitzel- und Melasseproben sowie Gemische derselben in dieser Weise geprüft,

¹⁾ Zeitschrift für öffentliche Chemie 1913, 168.

konnten aber das Auftreten des von Wox als charakteristisch beschriebenen Geruchs in keinem Falle mit Sicherheit und Schärfe bestätigen. Wahrscheinlich ist das Auftreten jenes Geruchs, abgesehen von der persönlichen Geruchsempfindlichkeit des Prüfenden, von besonderen Faktoren abhängig, welche vielleicht in dem von Wox untersuchten, aber nicht in dem von uns geprüften Material vorhanden waren. Auf die Abhängigkeit jener Geruchsreaktion von der Herstellung der Melasseschnitzel wird auch von HAGER und JUNKER¹⁾ hingewiesen, welche beobachteten, dass in scharf getrockneten Melasseschnitzeln nach dem Ansäuern kein charakteristischer stechender Geruch auftritt. Die Woxsche Geruchsreaktion kann demnach die Frage nach dem Vorhandensein von Melasse in getrockneten Rübenschnitzeln nicht endgültig entscheiden.

Da eine spezifische Reaktion der Melasse nicht vorhanden oder doch nicht bekannt ist, werden die Versuche zum qualitativen Nachweis namentlich von kleinen Melassemengen nicht zu sicheren Resultaten führen. Zu besseren Ergebnissen gelangt man bei dem Versuche, die Melassebeimengung in den Schnitzeln wenigstens annähernd quantitativ zu bestimmen. Die Zuckerbestimmung ist hierfür nicht ausreichend, da der Zuckergehalt je nach dem Auslaugungsgrade der Schnitzel sehr wechselt; ebenso bietet die Bestimmung der nichteiweissartigen Stickstoffverbindungen keinen genügenden Anhalt zur Feststellung des Melassezusatzes;²⁾ dagegen scheint es aussichtsvoller, eine Methode auf den hohen Gehalt der Melasse an Mineralstoffen zu gründen. Dies ist schon verschiedentlich versucht worden. C. MÜLLER³⁾ führt an, dass der Aschegehalt von Trocken- und Zuckerschnitzeln stets 3—4 % der Trockensubstanz beträgt (mit Ausnahme gekalkter Schnitzel); dass die Veraschung rasch vor sich geht und dass die zurückbleibende Asche eine fast reinweisse Farbe besitzt und leicht stäubt. Ein schon geringer Gehalt an Melasse erhöht die Menge der Asche, auch vollzieht sich die Veraschung langsamer und die Asche ist infolge des unvermeidlichen Zusammensinterns nie ganz frei von eingeschlossenen Kohlenteilchen. Da diese Methode

¹⁾ Landwirtschaftliche Versuchs-Stationen Bd. 88, S. 143 ff.

²⁾ Siehe HAGER und JUNKER, loc. cit. p. 154.

³⁾ Bericht über die Tätigkeit der agrik.-chem. Kontrollstation Halle für 1913, S. 37.

nicht auf gekalkte Schnitzel anwendbar ist, hat sie nur beschränkte Gültigkeit, ebenso wie die an gleicher Stelle erwähnte Bestimmung der „ausgelaugten Trockensubstanz“. Aus demselben Grunde ist auch die Bestimmung des wasserunlöslichen Anteils der sandfreien Rohasche (der sogen. Kalkasche) nicht einwandfrei; immerhin liefert sie einige Anhaltspunkte über die Natur der untersuchten Schnitzelproben. Der unlösliche Anteil beträgt bei zuckerarmen Trockenschnitzeln meist 70—80 %, bei Zuckerschnitzeln 60—70 % der sandfreien Rohasche. Melasseschnitzel liefern niedrigere Werte; diese liegen bei einem Gehalt von etwa 10 % Melasse nicht über 60 % und sinken mit zunehmendem Melassegehalt. Eine Anzahl diesbezüglicher Versuche lehrte uns, dass man aus der relativen Menge der wasserunlöslichen Rohasche nicht ohne weiteres auf einen Melassegehalt der Schnitzel schliessen darf. Die für Zuckerschnitzel und für melassearme Gemische erhaltenen Werte liegen zu nahe beieinander, um die Aufstellung von Grenzzahlen zu gestatten.

Die Bestimmung des Kaliegehaltes ist ebenfalls kein sicheres Hilfsmittel zur Erkennung von Melassezusätzen in Schnitzeln. Wie auch HAGER und JUNKER¹⁾ gezeigt haben, schwanken die Zahlen nicht nur nach den Mengen der zugesetzten Melasse, sondern auch in den Schnitzeln verschiedener Herkunft und Herstellung derart, dass auch bezüglich des Kaliegehaltes Grenzzahlen nicht anzugeben sind. Hierzu kommt noch, dass die Natriummengen in Melassen und Schnitzeln je nach den Ernährungsbedingungen der Zuckerrübe, welche bekanntlich ausser Kali viel Natrium aufzuspeichern vermag, so beträchtliche sein können (s. Tab. I), dass ihre Vernachlässigung bei der Beurteilung der Schnitzel zu groben Täuschungen führen muss.

Als besseres Mittel zur Erhaltung brauchbarer Zahlen hat sich die quantitative Bestimmung der Gesamtmenge der mit Wasser auslaugbaren Mineralstoffe erwiesen. Bei unsern Versuchen mit Schnitzeln, Melasse und selbst hergestellten Gemengen verfahren wir folgendermassen:

Gewogene Mengen der zu untersuchenden Proben wurden mit der 10fachen Menge kaltem Wasser 30 Minuten lang ausgeschüttelt und dann filtriert. Vom Filtrat wurden aliquote

¹⁾ Landwirtschaftliche Versuchs-Stationen Bd. 88, S. 143 ff.

Teile in gewogener Platinschale völlig eingedampft, der Rückstand mit konz. Schwefelsäure durchfeuchtet, abgeraucht, geglüht und nach dem Erkalten gewogen. — Die Überführung der wasserlöslichen Mineralstoffe in Sulfate (die bekanntlich auch in der Technik zur Aschebestimmung im Rohzucker angewendet wird) ist vorteilhafter als die Herstellung einer Rohasche durch schwaches Glühen des Trockenrückstandes. Durch das Abrauchen mit Schwefelsäure wird gelöste organische Substanz leicht zerstört, das lästige Aufblähen wird vermieden, es wird durch starkes Glühen eine völlig kohlefreie Asche (Sulfatasche) ohne Alkaleszenz von gleichmässiger Zusammensetzung erhalten.

Um die Brauchbarkeit dieser Methode zu prüfen, haben wir in den Melassen, sowie in den Wasserauszügen verschiedener Schnitzelsorten die Mineralstoffe quantitativ bestimmt und aus den erhaltenen Zahlen die Menge der durch Behandlung mit Schwefelsäure zu erwartenden Sulfate berechnet. Die so berechneten Zahlen stimmten mit den analytisch gefundenen Werten in den meisten Fällen gut überein (s. Tab. II). Wir glauben daher mit Recht behaupten zu können, dass in der Bestimmung der mit Wasser auslaugbaren Mineralstoffe als Sulfate eine Methode vorliegt, welche gestattet, Melassebeimengungen in Schnitzeln von zirka 10 % an zu erkennen und annähernd quantitativ zu ermitteln, eventuell unter Zuhilfenahme der übrigen oben erwähnten Prüfungsarten und Berücksichtigung aller sinnfälligen Eigenschaften des vorliegenden Untersuchungsmaterials.

In den nachfolgenden Tabellen sind die von uns gefundenen analytischen Resultate zusammengestellt.

(Siehe die Tabellen I und II auf S. 38.)

Wir betonen ausdrücklich, dass das bisher vorliegende Beobachtungsmaterial zu gering ist, um feste Grenzwerte aufzustellen. Letzteres dürfte schwer, wenn nicht undurchführbar sein, da der Gehalt an Mineralstoffen sich sowohl bei Melassen als auch bei Trockenschnitzeln innerhalb weiter Grenzen bewegen kann. Solange nicht eine grosse Menge analytischer Belege vorliegt, sind die in dieser Arbeit mitgeteilten Zahlen als vorläufig festgestellte Annäherungswerte zu betrachten.

Tabelle I.

Zusammensetzung der Schnitzel- und Melasseproben.

Bezeichnung	Zucker %	Roh- asche %	Mit H ₂ O ausziehbare Mineralstoffe					Als Sulfate	
			K ₂ O	Na ₂ O	CaO	MgO	SO ₃	berechnet	bestimmt
Trockenschnitzel „Büttner“	3.26	4.58	0.18	0.08	0.07	0.05	—	0.85	0.88
„Sperber“	3.48	4.24	0.31	0.09	0.05	Spur	—	0.90	0.94
Zuckerschnitzel „Oschersleben“	27.62	3.64	0.37	0.33	0.07	0.08	0.32	1.48	1.45
„Steffens“	29.38	3.81	—	—	—	—	—	—	1.47
Melasseschnitzel ¹⁾	11.16	6.02	0.84	0.60	0.29	0.17	—	4.14	4.05
Melasse von Löbau	—	9.81	5.07	0.52	0.80	0.02	0.24	12.50	12.18
Restmelasse von Rositz	—	6.78	3.02	0.80	—	—	—	—	9.09

Tabelle II.

Wasserlösliche Mineralstoffe als Sulfate bestimmt.

(Mittelzahlen aus je 2 Versuchsreihen erhalten.)

Bezeichnung	Melassezusatz						
	0	5 %	10 %	20 %	30 %	40 %	50 %

Mischungen mit Melasse von Löbau (Sulfatasche).

Sperberschnitzel	0.94	1.45	1.85	2.81	3.75	4.90	5.95
Büttner-Meyer	0.88	—	1.97	3.00	4.30	5.24	6.64
Zuckerschnitzel von Oschersleben	1.45	1.81	2.67	3.43	4.54	5.35	6.00

Mischungen mit Restmelasse von Rositz (Sulfate).

Sperberschnitzel	0.94	1.19	1.63	2.33	3.84	3.97	4.06
Büttner-Meyer	0.88	1.12	1.37	2.30	3.19	3.82	4.87
Zuckerschnitzel von Oschersleben	1.45	1.91	2.26	2.96	3.60	4.66	5.17

¹⁾ Mit 15 % Melasse.

Mitteilung aus dem agrikultur-chemischen Institut an der Universität Jena.

Direktor: Hofrat Prof. Dr. IMMENDORFF.

Zu den Ursachen der Azidität der durch Ionenaustausch sauren Böden.

Von

Privatdozent Dr. H. KAPPEN.

In einer Mitteilung¹⁾ über die sauren Mineralböden der Wetzdorfer Flur in der Nähe von Jena war festgestellt worden, dass von den eigentlichen Ackerkrumen, die schon längere Zeit in landwirtschaftlicher Kultur standen, nur eine einzige (der Hungerlehm) dazu befähigt war, mit Lösungen von Neutralsalzen derart sich umzusetzen, dass eine saure Reaktion darin auftrat. Die übrigen sauren Ackerkrumen dagegen vermochten nur mit hydrolytisch gespaltenen Salzen, wie Natrium- und Calciumazetat und Natriumnitrit, unter Absorption der Basen und Abspaltung von freier Säure zu reagieren. Im Gegensatz zu den Ackerkrumen besaßen aber manche Untergrundproben und alle diejenigen Erdproben, die unter einer Rohhumusdecke lagen, die Eigenschaft, sich auch mit Neutralsalzen unter Bildung von Säurewasserstoff umzusetzen. Dieses verschiedenartige Verhalten der Erdproben veranlasste dazu, verschiedene Ursachen für ihre Azidität anzunehmen. Im Anschluss an VEITCH und an DAIKUHARA wurde die Azidität des grössten Teils der Ackerkrumen der Gegenwart von „sauren“ Humusstoffen zugeschrieben, während die Erscheinungen, die die zumeist sehr humusarmen Untergrundböden und die unter Rohhumusbedeckung lagernden Böden in

¹⁾ Die landw. Versuchs-Stationen 1916, Bd. 88, S. 13.

den Neutralsalzlösungen hervorzurufen vermögen, auf ihre Fähigkeit zurückgeführt werden konnten, Aluminium und Eisen als Ionen gegen die Ionen der Neutralsalzlösungen auszutauschen.

In Weiterentwicklung der von VEITCH und von DAIKUHARA gegebenen Erklärungen für das Verhalten der gegen Neutralsalzlösungen sauren Böden wurde folgendes festgestellt:

Die Erscheinungen der Azidität, die gewisse Böden bei der Berührung mit Neutralsalzlösungen diesen erteilen, beruhen auf einem Ionenaustausch zwischen der Lösung und dem Boden, wobei Kationen des Neutralsalzes sich in die Bodenteilchen und aus diesen Aluminium- oder Eisenionen in annähernd äquivalenter Menge sich in die Lösung begeben. Die Befähigung zu einem solchen Austausch erhält ein Boden durch einen ganz gleichartigen Vorgang, nämlich dadurch, dass beim Zusammenkommen mit Aluminium- oder Eisensalzlösungen Aluminiumionen und Eisenionen in den Boden und Calcium- und wohl auch andere ein- und zweiwertige Metallionen aus dem Boden in die Lösung wandern.

Man hat es also bei den Erscheinungen und den Ursachen der Azidität der Böden gegen Neutralsalzlösungen mit nichts anderem zu tun, als mit dem Vorgange, den die Agrikulturchemie seit langer Zeit kennt und mit dem Namen Basenaustausch belegt hat. Der einzige Unterschied zwischen den in der älteren Literatur eingehend bearbeiteten und dadurch schon so lange bekannten Vorgängen des Basenaustausches und den Austauschvorgängen bei den sauren Böden besteht darin, dass bei den früher studierten Vorgängen es sich in der Hauptsache um den Austausch der als Nährelemente wichtigen ein- und zweiwertigen Kationen, wie Kalium, Calcium und Magnesium handelte, hier bei den sauren Mineralböden aber dreiwertige Ionen gegen ein- oder zweiwertige ausgetauscht werden. Einzig und allein diese Verschiedenheit ist es, die infolge der hydrolytischen Wirkung der Ionen des Wassers auf die Aluminium- und Eisenionen und die zu diesen gehörigen Anionen die Erscheinung der sauren Beschaffenheit der nach dem Ionenaustausch sich ergebenden Lösungen hervorbringt.

Ursächlich dürfte hiernach die Azidität der gegen Neutralsalzlösungen sauren Böden — die Azidität der nur gegen hydrolytisch gespaltene Salze sauren Böden bildet ein Kapitel, das später für sich allein behandelt werden muss — ziemlich klar

zu durchschauen sein. Allerdings auch nur zunächst bis zu einem bestimmten Punkte, nämlich bis zur Entstehung der Aluminium- oder Eisensalze, die den neutralen Böden die Eigenschaften der Austauschazidität verleihen. Die Frage darnach, wie diese Salze Entstehung nehmen können, ist es, die jetzt vor allen anderen eine Beantwortung erheischt; die folgenden Untersuchungen sind daher auch dieser Frage gewidmet. Da nun aber schon bei den Untersuchungen an den Wetzdorfer sauren Mineralböden sich hatte nachweisen lassen, dass die Austauschazidität fast ausschliesslich bei Böden unter Rohhumusbedeckung zu finden war, ein Befund, der dem weiteren Suchen nach den Ursachen der Azidität naturgemäss eine ganz bestimmte Richtung gab, so erschien es wichtig, diesen Befund zunächst noch durch Untersuchung anderer mit Rohhumus bedeckter Böden zu sichern.

A. Weitere Belege für die Azidität durch Ionenaustausch der mit Rohhumus bedeckten Böden.

Bei Dorna in Sachsen-Altenburg wurden Bodenproben aus einem Kiefern- und einem Fichtenwalde entnommen. Auf beiden Böden lag eine, allerdings nur 2—3 cm dicke Schicht von Rohhumus und darauf eine 1—2 cm dicke Streuschicht. Die Böden gehören dem Buntsandstein an. 100 g der lufttrocknen Böden wurden mit 200 ccm Normal-Kaliumchloridlösung 1 Stunde geschüttelt und 100 ccm vom Filtrat wurden mit 0.1-normaler Natronlauge titriert, ein Verfahren, das bei allen im folgenden mitgeteilten Untersuchungen angewandt wurde.

Das Ergebnis war:

Boden unter Kiefernrohhumus:

Nr. 1 15.2—15.2 ccm 0.1 normal. Na(OH).

Boden unter Fichtenrohhumus:

Nr. 2 19.6—19.5 ccm 0.1 normal. Na(OH).

Der Niederschlag der in beiden Lösungen bei der Neutralisation entstand, war rein weiss, bestand also ziemlich vollkommen aus Aluminiumhydroxyd.

Dann wurden in der Nähe von Blankenhain in Thüringen Bodenproben aus Kiefernwäldern entnommen. Eine Probe war ein fast weiss gewordener Lehm unter einer ungefähr 10 cm dicken Rohhumusschicht, die aus Kiefern- und Fichtenstreu

unter Beteiligung von viel Moos gebildet war. Die Azidität betrug:

Nr. 3 16.60—16.45 ccm 0.1 normal. Na(OH).

Ein anderer Boden aus derselben Gegend unter jüngeren Kiefern am Rande des Waldes entnommen, wo die Bodenvegetation nur aus wenig Blaubeersträuchern bestand, Rohhumus dagegen nicht gebildet war, reagierte gegen Kaliumchloridlösung völlig neutral. An einer dritten Stelle der gleichen Gegend konnten in einem gerade vorhandenen Bodenaufschluss unter alten Kiefern Bodenproben bis zu 1 m Tiefe entnommen werden. Unter einer 8 cm dicken Streu- und Rohhumusdecke folgte hier zunächst ein ausgebleichter hellgrauer Lehm in einer Stärke von 20 cm. Darunter folgte 60 cm tief ein brauner Lehm, der durch von oben ausgehende teilweise Entfärbung wie grau geflammt erschien. Unter diesem Lehm lag in gleichmässig brauner Färbung ein brauner, toniger Lehm; die hiervon entnommene Probe stammte aus einer Tiefe von 1 m. Alle drei Erdproben reagierten mit Kaliumchloridlösung, wie die folgenden Zahlen zeigen:

Nr. 4	21.60--21.30 ccm	0.1 normal.	Na(OH),
" 5	18.00—18.25	"	" "
" 6	15.00—15.00	"	" "

Starke Azidität reichte hier also, von oben nach unten nur langsam abnehmend, bis in die Tiefe von 1 m.

Die Tiefe, bis in die sich die säuernde Wirkung einer Rohhumusdecke hinein erstrecken kann, wird sicherlich sich abhängig erweisen einmal von der Durchlässigkeit des Bodens und dann auch von der Stärke und Dauer der Bedeckung mit Rohhumus. Ein frisch ausgehobener Schacht, in dem schon früher¹⁾ genannten Birkigt bei Wetzdorf gestattete es, eine Reihenfolge von Proben bis zur Tiefe von 4.5 m zu entnehmen. In diesem Bodenprofil reichte ein heller, ausgebleichter toniger Lehm bis 50 cm tief, darunter folgte ein 40 cm starker, brauner, im oberen Teil wiederum hell geflammt toniger Lehm, darunter weiter 60 cm der gleiche Boden in geschlossen brauner Färbung. Hierunter folgte ein 20 cm starker brauner fetter Tonstreifen und dann, über 1 m stark, ein eisenschüssiger, ockerfarbiger kiesiger Sand, unter dem wieder zwei dünnere, die eine ocker-

¹⁾ Die landw. Versuchs-Stationen Bd. 88, S. 26.

gelb und die andere durch humose Stoffe dunkelbraun gefärbte Tonlagen und schliesslich der weisse Töpferton folgten. Die Untersuchung dieser Schichtenfolge auf Azidität gegen Kaliumchloridlösung zeigte, dass nur die drei obersten Schichten, nach unten hin stark abnehmend, sauer reagierten, dass aber der braune fette Ton in einer Tiefe von 1.50—1.70 m und alle darunter folgende Schichten völlig neutral waren. Die Aziditätszahlen waren die folgenden:

Nr. 7.	1. Schicht	0—0.5 m	15.6—16.0 ccm	0.1-normal. Na(OH),
" 8.	2. "	0.5—0.9 "	12.0—12.4 "	" "
" 9.	3. "	0.9—1.5 "	1.2—1.1 "	" "
" 10. 4.—13.	"	1.5—4.5 "	0.0—0.0 "	" "

War also hier in dem schweren Boden die Azidität bereits bei 1.50 m Tiefe verschwunden, so konnte sie an anderen Stellen des Birkigts, wo in der Zusammensetzung des Profils weniger tonige Schichten vorherrschten, noch bis 2.50 m tief nachgewiesen werden, und in einer nördlich vom Birkigt bei dem Orte Grabsdorf gelegenen Sand- und Kiesgrube zeigte eine aus über 3 m Tiefe entnommene Probe noch einen ganz erheblichen Säuregrad. Diese Verschiedenheiten lassen sich gewiss am ehesten auf die verschiedene physikalische Beschaffenheit der Erdschichten zurückführen, wenngleich natürlich die Befunde nicht direkt zwingend diesen Schluss verlangen.

Bestimmtere Beziehungen zwischen der Stärke und Dauer der Rohhumusbedeckung und der Tiefe ihrer Einwirkung werden sich, so nahe die Annahme einer solchen Abhängigkeit auch liegt, wohl noch schwerer mit Sicherheit nachweisen lassen, besonders deshalb, weil die Stärke der Rohhumusbildungen sich leicht mit der Veränderung der Faktoren ihrer Entstehung überhaupt ändert und somit heute sehr wohl bis zu einer grossen Tiefe veränderte Böden unter einer nur unbedeutenden Rohhumusbedeckung aufgefunden werden können; auch die Dauer der Bedeckung wird sich nur selten bestimmen lassen.

Weitere Untersuchungen über das Vorkommen saurer, d. h. mit Kaliumchloridlösung reagierender Böden wurden dann noch an Proben aus einer typischen Heidegegend Nordwestdeutschlands ausgeführt. Diese Proben wurden aus der Heide bei Kattenvenne in der Nähe von Münster i. W. entnommen. Zur Zeit des Besuches dieser Gegend wurde ein Teil der tief liegenden

Heide gerade kultiviert; der Boden war infolgedessen durch oft 2 m tiefe Abzugsgräben auf grosse Strecken hin ausgezeichnet aufgeschlossen. Bleichsand und Ortstein, auf deren Vorhandensein hier gehofft war, waren in diesen Aufschlüssen aber an keiner Stelle aufzufinden. Unter einer 30—40 cm dicken Heidehumusdecke, die mit ziemlich viel ausgebleichtem weissen Sande durchsetzt war, folgte gleich ein dunkelbraun gefärbter Sand, der unter anderen Feuchtigkeitsverhältnissen wahrscheinlich zu echtem Ortstein verhärtet sein würde, hier aber von ganz weicher Beschaffenheit war und am ehesten der Branderde¹⁾ entsprach. Diese Branderde wurde nach unten hin immer heller und ging allmählich ohne scharfe Grenze in den unveränderten Untergrundboden über. Von dieser Branderde und dem darunterliegenden nicht mehr oder nur äusserst wenig durch organische Stoffe gefärbtem Sande aus 1 m Tiefe wurden Proben entnommen und auf ihre Azidität untersucht. Sie betrug:

Nr. 11.	Branderde	. 7.8—8.1 ccm 0.1 normal. Na(OH),
" 12.	Gelber Sand	1.8—1.9 " " "

In höher gelegenen Stellen am Rande der Heide wurden übrigens auch Bildungen unter der Rohhumusdecke gefunden, — allerdings nur stellenweise und in sehr geringer Ausdehnung — die als echter Ortstein angesprochen werden mussten; es fehlte aber auch hier noch der Bleichsand in charakteristischer Ausbildung. Eins der beobachteten Profile stellte sich folgendermassen dar: 0—30 cm Heidehumusschicht, darunter 30—70 cm dunkelbrauner verhärteter Sand, Ortstein, darunter 70—100 cm loser gelber, nicht wesentlich durch organische Stoffe gefärbter Heidesand. Die Azidität der Bodenproben betrug hier:

Nr. 13.	Ortstein	. 6.6—6.8 ccm 0.1 normal. Na(OH),
" 14.	Heidesand	. 2.2—2.2 " " "

Andere Ortsteinproben gleichartigen Vorkommens an anderen Stellen desselben Heidegebietes reagierten ebenfalls mit Kaliumchloridlösung, wie die folgenden Zahlen zeigen:

Nr. 15.	Ortstein	. 5.6—5.9 ccm 0.1 normal. Na(OH),
" 16.	"	. 4.6—5.0 " " "

Branderde und Ortstein und ebenso der darunter liegende Heidesand zeigten also die Befähigung, mit Kaliumchlorid in

¹⁾ E. RAMANN, Bodenkunde, 3. Aufl. 1911, S. 205.

Reaktion zu treten, wie alle anderen Böden unter Rohhumusbedeckung. Es fehlte aber noch der Nachweis für den typischen Bleichsand. Auch der konnte noch geführt werden, nachdem durch Erkundigungen bei ortseingesessenen Landleuten ein vorzüglicher Bodenaufschluss in der Nähe von Kattenvenne entdeckt war, in dem Bleichsand und Ortstein prächtig ausgebildet vorkamen.

Es handelte sich bei diesem Bodenaufschluss direkt um eine Grube, die ausser zur Gewinnung des gelben Stubensandes auch zu der des Bleichsandes ausgenutzt wurde. Auf eine schon weite Erstreckung hin war der Bleichsand, der bis zur Mächtigkeit von 1 m auftrat, abgetragen und, was vielleicht nicht ohne Interesse ist zu vermerken, in stroharmen Jahren als Stallstreu benutzt worden. An der Stelle, von der die Proben stammten, hatte das Profil folgende Zusammensetzung:

Nr. 17.	0—70 cm,	völlig homogene, dunkelgraue Bleichsandschicht,
" 18.	70—80 "	etwas heller, mit rötlichem Farbton,
" 19.	80—85 "	weiche, sehr dunkel, fast schwarz gefärbte Schicht,
" 20.	85—95 "	dunkler, schwarzbrauner Ortstein, sehr hart,
" 21.	95—105 "	hellerer, brauner Ortstein, oben sehr hart, allmählich weicher werdend und in gelben, losen Sand übergehend,
" 22.	140—200 "	gelber, loser Sand, oben noch durchzogen von dunklen, humosen Adern, nach unten mehr und mehr davon frei.

Das Verhalten dieser sechs Proben gegen Kaliumchloridlösung geht aus der folgenden Zusammenstellung hervor, in der wieder die Azidität von 100 ccm Kaliumchloridlösung angegeben ist.

Nr. 17	. . . . .	6.2—6.5 ccm 0.1 normal. Na(OH),
" 18	. . . . .	4.3—4.6 " " "
" 19	. . . . .	6.8—7.0 " " "
" 20	. . . . .	9.2—9.2 " " "
" 21	. . . . .	5.8—5.8 " " "
" 22	. . . . .	0.9—0.8 " " "

Die Schichten des ganzen Profils waren also dazu fähig, mit Kaliumchlorid in Ionenaustausch zu treten, die oberste Ortsteinschicht am stärksten, der Sand aus der Verwitterungszone am schwächsten, aber noch unter deutlich erkennbarer Abscheidung eines flockigen Niederschlages.

Nebenbei mag hier noch bemerkt werden, dass in demselben Bodenaufschluss etwa 5 m von dem Orte der Entnahme

der Bodenproben 17—22 die Ortsteinschicht wieder völlig verschwunden war. Hier ruhte der Bleichsand, dessen Schichtdicke nur noch 55 cm betrug, direkt in scharfer Abgrenzung auf dem gelben Untergrundsande, ohne dass auch nur eine Andeutung von Ortsteinbildung hier zu finden gewesen wäre. Warum es hier wohl, trotz des Vorhandenseins einer starken Bleichsand-schicht, nicht zur Ausbildung von Ortstein gekommen sein mag, ist schwer erklärlich; jedenfalls weist der Befund deutlich darauf hin, dass das Problem der Ortsteinbildung auch heute noch nicht lückenlos gelöst sein kann. Die Reaktion beider Schichten an dieser zweiten Probenahmestelle war übrigens wieder deutlich sauer; 100 ccm der mit dem Bleichsand geschüttelten Kalium-chloridlösung verbrauchten zur Neutralisation 6.5 und 6.6 ccm 0.1 normaler Natronlauge und die mit dem unter dem Bleichsand liegenden gelben Sand geschüttelte Lösung 2.0 und 1.9 ccm.

Weitere Untersuchungen wurden zunächst an diesen im vorstehenden aufgeführten Böden nicht angestellt; eingehendere analytische Untersuchungen über den Ionenaustausch der sauren Böden sind für später geplant. Als Belege für die schon früher geäußerte Annahme, dass es vorzüglich die unter einer Roh-humusdecke liegenden Böden sind, die die Befähigung besitzen, mit Neutralsalzen unter Ionenaustausch zu reagieren, dürften die hier mitgeteilten Untersuchungsergebnisse genügen. Da nun ferner als erwiesen gelten kann, dass die Mineralböden die Befähigung zum Ionenaustausch unter dem Einfluss von Aluminium- in geringerem Maße von Eisensalzen erlangen, so kann im folgenden wohl schon der Frage näher getreten werden, auf welchem Wege unter den Verhältnissen in der Natur diese Salze Entstehung nehmen.

B. Zur Entstehung der Aluminium- und Eisensalze.

Ganz ohne Frage stammen die Aluminium- und Eisensalze, die zur Hervorbringung der Austauschazidität der Böden erforderlich sind, aus dem Erdboden selbst; eine andere Quelle dafür ist undenkbar. Mit dieser Feststellung ist aber noch nichts gesagt, denn wir wissen, dass die Tonerde- und Eisenverbindungen im Boden eben nicht in einer Form vorkommen, in der sie in den für die Ausbildung der Aziditätserscheinungen notwendigen Ionenaustausch mit anderen Bodenbestandteilen eintreten können; dazu müssen die Aluminium- oder Eisen-

verbindungen des Bodens in die Form löslicher und zwar in Lösung elektrolytisch dissoziierter Salze übergeführt werden, und hierzu ist zweifellos die nächste Möglichkeit in der Einwirkung von Säuren auf den Boden gegeben.

Tatsächlich weiss man ja auch schon seit langer Zeit, dass die künstliche Behandlung eines Bodens mit Säuren ihm die gleichen Eigenschaften erteilt, die der von Natur aus saure Boden besitzt, dass er also auch nach vollkommener Entfernung der überschüssigen Säure eine saure Reaktion beibehält und mit Neutralsalzlösungen sich in der für die durch Ionenaustausch sauren natürlichen Böden charakteristischen Weise umzusetzen vermag.

Die erste Beobachtung hierüber machte VAN BEMMELEN, als er in einer Arbeit über das Absorptionsvermögen der Ackererde die von anderen Autoren aufgestellte Behauptung nachprüfte, dass durch Behandeln eines Bodens mit Säuren sein Absorptionsvermögen infolge der Zerstörung der absorbierend wirkenden Silikate aufgehoben oder wenigstens geschwächt würde. Bei diesen Untersuchungen fand VAN BEMMELEN folgendes.¹⁾ „Wenn eine Erde mit viel konzentrierter Salzsäure ausgekocht und ausgewaschen wird, so bleibt, wenn man auch Tage lang per Dekantationen mit immer neuen und grossen Mengen Wasser ausspült, die Reaktion, sowohl der Erde, als des wässerigen Extraktes sauer, auch wenn man die Erde getrocknet hat, von Neuem ausgewaschen und (bei 130 °) wieder getrocknet hat. Diese saure Reaktion ist einem Gehalte an Aluminiumchlorür zu danken; dieselbe Erscheinung habe ich früher bei einem Boden im Harlemmermeer-Polder (Provinz Nord-Holland) beobachtet, der früher Eisenvitriol und Aluminiumsulfat enthalten hatte, aber vom Regenwasser ganz ausgespült war. Er enthielt ein unlösliches Aluminiumsulfat.“

Zu der gleichen Feststellung, dass Böden nach der Behandlung mit Säuren dauernd saure Reaktion behalten, gelangte bei seinen Arbeiten auch P. DE MONDÉSIR.²⁾ Er beschäftigte sich auch mit den Eigenschaften dieser sauer gemachten Böden, es gelang ihm aber nicht — die vorhergegangenen Arbeiten VAN BEMMELENS über den gleichen Gegenstand waren

¹⁾ Landw. Versuchs-Stationen Bd. 21, S. 160.

²⁾ Compt. rend. 115, 1892, 2, S. 316.

ihm wohl nicht bekannt — eine Erklärung für diese Art der Bodenazidität zu geben.

DAIKUHARA¹⁾ schliesslich erweiterte die Befunde von VAN BEMMELN und VON DE MONDÉSIR. Er brachte verschiedene anorganische und organische Säuren auf neutrale Bodenproben und ausserdem auf eine Reihe von Gesteinen auch Kohlensäure zur Einwirkung, wusch nach der Säurebehandlung die Rückstände aus und fand, dass sie ausnahmslos sauer reagierten, und dass sowohl die Bodenproben, als die mit Kohlensäure behandelten Gesteine sich nun in der für natürliche sauer reagierende Böden charakteristischen Weise mit Kaliumchloridlösung umzusetzen vermochten.

Die künstliche Behandlung mit Säuren verleiht also unzweifelhaft neutralen Böden vollständig die Eigenschaften der von Natur aus sauren Böden. Worauf das beruht, ist jetzt leicht zu durchschauen. Die Säuren lösen Aluminium- und Eisenverbindungen des Bodens unter Bildung von Salzen auf und die Salze treten dann mit den Bodenteilchen in den Ionenaustausch ein, der für die Entstehung der sauren Reaktion der Böden in der früheren Mitteilung als notwendig und wesentlich erkannt wurde. Es lag infolgedessen die Annahme sehr nahe, dass auch unter natürlichen Verhältnissen der Boden seine Azidität d. h. seine Befähigung zum Austausch von Ionen hydrolytisch gespaltenen Salze durch den Einfluss von Säuren erhält. Und da sowohl aus den schon früher mitgeteilten,²⁾ als auch den im vorstehenden angeführten Befunden in der Natur mit grosser Deutlichkeit hervorging, dass die Eigenschaft der Austauschazidität gerade die Böden besitzen, die noch jetzt unter einer Bedeckung mit saurem Rohhumus lagern oder früher darunter gelagert waren, so richtete sich ganz von selbst zu allererst die Aufmerksamkeit auf die Humussäuren als die wahrscheinlichsten Verursacher des Löslichwerdens der Aluminium- und Eisenverbindungen in der Form von Salzen und damit der Austauschazidität. Im weiteren Verlaufe der Arbeiten ergab es sich allerdings, — das mag schon hier erwähnt werden — dass die Humussäuren nicht als einzige Ursache der Austauschazidität in Betracht kommen, sondern dass vielmehr noch andere Ein-

¹⁾ Bull. of the Imp. Centr. Agrikult. Exp. Stat. Japan, Vol. II, Nr. 1, S. 10.

²⁾ Die landw. Versuchs-Stationen Bd. 88, S. 27.

wirkungen möglich sind, durch die die Erscheinungen der Azidität hervorgebracht werden können.¹⁾ Die erwähnten Befunde in der Natur wiesen aber doch so zwingend auf die Wirkung der Humussäuren, dass zu allererst untersucht werden musste, was von den Humussäuren für die Säuerung der Mineralböden zu erwarten stand. Mit dieser Frage beschäftigen sich denn nun auch zunächst die folgenden Ausführungen.

Die Azidität saurer Humusstoffe.

Die Tatsache, dass die sauren oder nach RAMANN absorptiv ungesättigten Humusstoffe, der Rohhumus, einen bedeutenden Einfluss auf den darunter liegenden Boden ausüben, ist schon seit langer Zeit bekannt. Eine ganz besondere Art der Verwitterung weisen Böden unter einer solchen Rohhumusdecke auf. Leicht erkennbar und besonders charakteristisch dafür ist die Ausbleichung der zunächst unter dem Rohhumus liegenden Erdschicht. Sie beruht auf einer Fortführung des Eisens, mit der meist auch gleichzeitig eine Verarmung der Bodenschichten an Aluminium und immer an Calcium, Magnesium, Kalium, Natrium, ebenso auch an Phosphorsäure einherzugehen pflegt. Die Heideböden lieferten die ersten Beispiele für diese Art der Bodenverwitterung, bald fand man sie dann aber auch auf schwereren Böden vor, und heute weiss man, dass die Bleicherde- oder Podsolbildung eine für weite Gegenden Nord- und Mitteleuropas direkt typische Form der Verwitterung darstellt. Auch die Böden des vom Verfasser untersuchten Wetzdorfer Gebietes sind zum Teil als solche Bleicherde- oder Podsolböden anzusprechen, die allerdings durch landwirtschaftliche Kulturmassnahmen vielfach erhebliche Veränderungen erlitten haben.

Wären nun die Annahmen über die Fortführung des Eisenoxyds und der Tonerde unter dem Einflusse einer Rohhumusbedeckung unanfechtbar richtig, die in den älteren Arbeiten über die Bleicherde- und Ortsteinbildung geäussert werden, so wäre auch auf die Frage nach der Entstehung der Azidität unter dem Einfluss der Humusstoffe leicht eine befriedigende Antwort zu geben gewesen. Man nahm ja früher an, dass die im Rohhumus enthaltenen Humussäuren die Auflösung des Eisen-

¹⁾ Man vergleiche hierzu die von WICKM für die Azidität der Pulvererde abgegebene Erklärung. Journal für Landwirtschaft Bd. 7, 1862, S. 390. Versuchs-Stationen. LXXXIX.

oxyds und der Tonerde bewirkten und zwar unter Bildung von humussauren Salzen. Eine solche Entstehung von humussaurem Aluminium und Eisen würde aber zur Erklärung der auf austauschfähigem Eisen und Aluminium in den Bodenkolloiden beruhenden Azidität der Mineralböden genügen, denn die genannten Salze würden voraussichtlich die zur Entstehung dieser Art von Bodenazidität notwendigen Ionen von Eisen und Aluminium zu liefern imstande sein. Die neuen Forschungen über die Humussäuren haben aber naturgemäss diese alte Auffassung über die Lösung von Aluminium und Eisen nicht unberührt lassen können; gab es aber, wie diese neuen Forschungen verkündeten, keine Humussäuren, so konnte es auch keine humussauren Salze geben.

Mit dieser alten Erklärung der Fortführung der Tonerde und des Eisenoxyds durch die Humussäuren konnte infolgedessen auch nicht ohne weiteres mehr für die Entstehung der Ionenaustauschazidität argumentiert werden. Das war auch deswegen unstatthaft, weil es in den letzten Jahren gelungen war, auch ohne Inanspruchnahme von echten Lösungen bildenden humussauren Salzen in rein kolloidchemischer Weise die Vorgänge bei der Ortsteinbildung und damit auch allgemein bei den Veränderungen von Böden unter Rohhumusbedeckung zu deuten. Besonders war es ROTHER,¹⁾ der die rein kolloidchemische Deutung der Wirkung der Humusstoffe bei der Bleicherde- und Ortsteinbildung bis in die Einzelheiten — allerdings ohne experimentelle Beweisführung — verfolgte, und auch E. RAMANN,²⁾ sowie andere, die sich in neuerer Zeit mit der Humuswirkung beschäftigten,³⁾ huldigten gleichfalls dieser ausschliesslich kolloidchemischen Richtung.

Für die den Gegenstand der vorliegenden Mitteilung bildende Frage nach den Ursachen der Austauschazidität der unter Rohhumus liegenden Böden, konnte jedoch diese rein kolloidchemische Auffassung der Rohhumuswirkung natürlich gar keine Verwertung finden, wenn sie auch sonst eine ganz annehmbare Erklärung der Wanderung von Eisen und Tonerde unter dem Einflusse der Humusstoffe abgeben mag. Denn es

¹⁾ Dissertation, Berlin 1910.

²⁾ RAMANN, Bodenkunde, 3. Aufl. 1911, S. 160.

³⁾ AARNIO, Internationale Mitteilungen für Bodenkunde Bd. 3, S. 31.

wandern ja das Eisenoxyd und die Tonerde nach dieser Auffassung als geschützte Kolloide; als solche können sie aber, wie aus früher angestellten Versuchen mit Eisen- und Aluminiumhydroxyd hervorgeht, in keinen Ionenaustausch mit dem Boden treten, da dieser Ionenaustausch eben direkt das Vorhandensein von echten Salzlösungen verlangt. Damit wird zugleich aber auch eigentlich schon, sofern überhaupt Humusstoffe mit der Aziditätsfrage in Verbindung stehen, was kaum bezweifelt werden kann, das Vorhandensein von wirklichen Säuren in den Humusstoffen direkt gefordert.

Für unsere Frage ist es daher von grösster Bedeutung, dass inzwischen auch wieder von anderen Autoren Veröffentlichungen erfolgt sind, die dem immer schon von TACKE vertretenen Standpunkte beipflichten, dass es doch wirkliche Humussäuren gäbe. Hier sind ganz besonders drei Arbeiten zu nennen. Die erste rührt von SVEN ODÉN her.¹⁾ Dieser Forscher kam zu der Schlussfolgerung, dass es wirkliche Humussäuren gäbe auf Grund der Beobachtung, dass die Leitfähigkeit von reinen Humuslösungen durch Zusatz von Alkalien in einer ganz gesetzmässigen Weise erhöht wurde, die nur durch Salzbildung zu erklären war und somit auf die Existenz von Humusstoffen mit Säurecharakter schliessen liess. Die zweite Arbeit hat EHRENBURG und BAHR²⁾ zu Verfassern. Durch ebenfalls physikalisch-chemische Versuchsanstellung, nämlich durch Messung des Dissoziationsdruckes von Verbindungen von Humusstoffen mit Ammoniak, gelangten auch diese Forscher zu der Überzeugung, dass es Humussäuren geben müsse. Darüber hinaus führten in Übereinstimmung mit ODÉN die Versuche auch diese Autoren zu der weiteren Annahme, dass die Humussäuren voraussichtlich dreibasische Säuren sein würden. Die letzte Arbeit, die dann ebenfalls noch zur Erkenntnis führte, dass an der Existenz von Humussäuren oder zum mindesten von Säuren im Humus nicht zu zweifeln sei, wurde von G. FISCHER³⁾ ausgeführt. Er wandte die Methode der Wasserstoffionenbestimmung auf natürliche und gereinigte Moorbodenextrakte an und fand, dass in solchen Lösungen tat-

¹⁾ Kolloidzeitschrift Bd. XIV, S. 123.

²⁾ Die landw. Versuchs-Stationen Bd. 61, S. 427.

³⁾ Kühn-Archiv Bd. IV, 1915, S. 52.

sächlich Konzentrationen von Wasserstoffionen vorhanden waren, die die des reinen neutralen Wassers erheblich überstiegen; diese Wasserstoffionen mussten von den Humusstoffen abgegeben und die in Lösung befindlichen Humusstoffe selbst mussten darnach Säuren sein oder wenigstens Säuren enthalten.

Die gleichzeitig einfachste und am meisten überzeugend wirkende Beweisführung in den drei Arbeiten ist wohl die in der von G. FISCHER ausgeführten Arbeit angewandte; denn durch die von FISCHER benutzte Methode wird direkt das nachgewiesen, was für Säuren das Charakteristische ist, nämlich ihre Fähigkeit, in wässriger Lösung Wasserstoffionen abzu-dissoziieren.

Aus G. FISCHERS Untersuchungsergebnissen hätte nun vielleicht auch schon etwas für die Beurteilung des hier zu besprechenden Gegenstandes abgeleitet werden können. Aber zwei besondere Umstände machten dennoch eine Ausnutzung der Untersuchungen FISCHERS für unsere Frage nach der Azidität von Rohhumusextrakten unmöglich. Ein Teil der Untersuchungen von FISCHER war nämlich, worauf schon früher hingewiesen werden musste, an durchfeuchtetem Boden angestellt worden, eine Methode, der keine unbedingte Sicherheit in bezug auf die damit erlangten Resultate zugeschrieben werden darf, weil die Gegenwart fester Stoffe die Wasserstoffzahl höher erscheinen lässt, als sie in Wirklichkeit ist. Aber auch selbst dann, wenn in dieser Hinsicht nichts an den Messungsergebnissen FISCHERS auszusetzen gewesen wäre, hätten sie doch noch keinen Aufschluss über die Wasserstoffzahl der aus den untersuchten Humusböden abfließenden Lösungen liefern können, worauf es für die Beurteilung unserer Frage hauptsächlich ankommt. Nun hat FISCHER allerdings auch noch Untersuchungen an wässrigen Extrakten der Moorböden angestellt. Leider sind aber auch die hierbei erhaltenen Zahlen, die eine schon recht erhebliche Wasserstoffzahl der Auszüge dartun, für uns nicht zu brauchen, weil die Messungen an Extrakten vorgenommen wurden, die durch Konzentration von sehr verdünnten wässrigen Auszügen — 150 l der ursprünglichen Lösungen wurden dabei für die Messung auf 1000 ccm oder sogar nur auf 500 ccm eingeengt — erhalten waren. Ganz abgesehen von den möglichen Veränderungen beim Konzentrieren stellten diese Lösungen jedenfalls höchst unnatürliche Auszüge der Humusstoffe dar, von

denen aus keine Folgerungen auf die Verhältnisse unter natürlichen Bedingungen hergeleitet werden konnten. Aus diesem Grunde machten sich eingehende eigene Untersuchungen über die Wasserstoffzahl von Rohhumusauszügen notwendig.

Die Wasserstoffzahl von Rohhumuslösungen.

Als Material zu den folgenden Versuchen diente der Kiefernrohhumus von Blankenhain, der den im ersten Teil der vorliegenden Arbeit unter Nr. 3 genannten, fast weiss gewordenen sauren Lehm bedeckte. Er kam mitsamt der dünnen Streudecke, die auf ihm lag, zur Verwendung. Von diesem Material wurden zunächst je zweimal 20 g, 40 und 60 g mit 250 ccm ausgekochtem Wasser 3 Stunden lang geschüttelt. An den erhaltenen Lösungen wurde die Wasserstoffzahl, der Interferometerwert und ausserdem noch in 100 ccm der Abdampf- und Glührückstand und daraus als Differenz der Gehalt an organischen Stoffen bestimmt. Die Resultate sind in der folgenden Tabelle I zusammengestellt:

Tabelle I.

	20/250	40/250	60/250
Wasserstoffexponent . . .	6.217	5.700	5.184
Wasserstoffzahl . . .	$4.82 \cdot 10^{-7}$	$1.99 \cdot 10^{-6}$	$6.54 \cdot 10^{-6}$
Abdampfrückstand . . .	15.8 mg	24.9 mg	36.2 mg
Glührückstand . . .	3.6 "	5.2 "	6.0 "
Organische Stoffe . . .	12.4 "	19.7 "	30.1 "
Interferometerwert . . .	106	159	207

Die Wasserstoffzahl zeigt hier schon bei der niedrigsten Konzentration (20 g Rohhumus auf 250 ccm Wasser) eine erkennbare Erhöhung über die des neutralen Wassers; mit zunehmender Rohhumusmenge steigen dann aber sowohl die Wasserstoffzahlen als auch die übrigen bestimmten Werte erheblich an. Merkwürdiger Weise nehmen hier aber die Wasserstoffzahlen in einer ganz und gar nicht erwarteten Art zu, nämlich so, dass gar kein Zusammenhang zwischen ihnen und den übrigen ermittelten Werten zum Ausdruck kommt. Während nämlich die anderen Werte eine relative Abnahme mit steigender Rohhumusmenge aufweisen und dadurch

auf ein bei der kolloiden Beschaffenheit des Rohhumus zu erwartendes Adsorptionsgleichgewicht hinweisen, wachsen die Wasserstoffzahlen mit steigender Rohhumusmenge in viel stärkerem als proportionalem Masse. Vielleicht ist diese Erscheinung nur bedingt durch die Schwierigkeiten, die aus früher bereits¹⁾ erörterten Gründen sich der Messung so verdünnter pufferarmer Lösungen, wie die vorliegenden Extrakte sind, entgegenstellen. Für später in Aussicht genommene eingehendere Untersuchungen über die Abhängigkeit der Wasserstoffzahl von äusseren Bedingungen, — Schütteldauer, Gewichtsverhältnis, Temperatur, — werden wohl Klarheit darüber bringen; hier mag zunächst die Tatsache genügen, dass der Rohhumus die Wasserstoffzahl des Schüttelwassers mit zunehmender Menge deutlich erhöht und dass somit die Lösungen tatsächlich Säurewasserstoff enthalten.

Die Abgabe von Wasserstoffionen bewies auch ein zweiter Versuch mit demselben Rohhumus, bei dem je 50 g mit 500 ccm ausgekochtem Wasser 8 Tage lang unter wiederholtem Umschütteln in zwei verschlossenen Flaschen gestanden hatten. In dem Filtrate wurde sowohl die Titrationsazidität mit Hilfe von 0.1-normaler Natronlauge als auch die Wasserstoffzahl bestimmt, und bei einer Probe wurde auch der Einfluss des Kochens auf die Azidität ermittelt. Die erhaltenen Werte waren die folgenden:

	ungekocht	gekocht
Wasserstoffexponent	4.863	4.863
Wasserstoffzahl	$1.36 \cdot 10^{-5}$	$1.36 \cdot 10^{-5}$
Titration von 100 ccm mit $\frac{\text{Na(OH)}}{10}$ }	2.05 ccm	2.1 ccm
	2.00 „	2.0 „

Die Lösung zeigte hiernach also eine Wasserstoffzahl, die fast um das Hundertfache die höchste des vorausgehenden Versuches übersteigt, was offenbar die Folge des längeren Stehens ist, wie denn auch die Färbung der Lösung erheblich dunkler war, als bei dem vorausgehenden Versuch. Das Auskochen der Lösung ist von keinem Einfluss auf die Wasserstoffzahl gewesen, und da die Lösung im Wasserstoffstrom erkaltet und ohne wesentliche Berührung mit der Luft in die Elektroden eingefüllt war, so beweist der Versuch, dass die Wasserstoffzahl der Lösung

¹⁾ Die landw. Versuchs-Stationen Bd. 88, S. 71.

nichts mit einer Verunreinigung durch Kohlensäure zu tun hat sondern auf andere aus dem Rohhumus gelöste Stoffe mit Säurecharakter zurückzuführen ist.

Weitere zahlreiche Nachweise hierfür wurden dann noch bei den folgenden Sickerversuchen erbracht. Hierbei waren grössere Flaschen, deren Boden abgesprengt war, mit 2 kg Rohhumus gefüllt; der Rohhumus wurde mit 2 l ausgekochten Wassers begossen. Nach einigem Stehen wurde die freiwillig ablaufende Lösung aufgefangen und durch frisches, ausgekochtes Wasser ersetzt. In den abgelaufenen klaren Lösungen gelangte die Wasserstoffzahl, der Abdampf- und Glührückstand, aus deren Differenz die organischen Stoffe und ausserdem die Titrationsazidität — ccm 0.1-norm. Natronlauge auf 100 ccm der Lösung — zur Bestimmung. Vier Flaschen waren in gleicher Weise angesetzt. Das erste Mal wurden die Abläufe getrennt untersucht, späterhin wurden sie meist zu zwei oder einer Probe vereinigt. Das Ergebnis der Untersuchung des ersten Ablaufes war folgendes; vorausbemerkt sei, dass bei den Lösungen 1 und 2 das Wasser drei Tage lang, bei 3 und 4 nur 1 Tag lang mit dem Rohhumus in Berührung gewesen war, woraus sich die Konzentrationsunterschiede erklären.

	1	2	3	4
Titrationssazidität. . .	2.0	2.0	1.8	2.0
Wasserstoffexponent. . .	4.940	4.319	4.506	4.223
Wasserstoffzahl . . .	$1.1 \cdot 10^{-5}$	$4.7 \cdot 10^{-5}$	$3.1 \cdot 10^{-5}$	$5.8 \cdot 10^{-5}$

	1	2	3	4
Abdampfrückstand in 100 ccm . .	84.0 mg	83.3 mg	68.3 mg	72.0 mg
Glührückstand in 100 ccm	29.0 "	23.3 "	11.6 "	12.2 "
Organische Substanz in 100 ccm	55.0 "	60.0 "	56.7 "	59.8 "

Man erkennt aus einem Vergleich dieser Zahlen mit denen des vorausgehenden Schüttelversuches, dass die Azidität dieses ersten Sickerwassers ungefähr mit der bei dem Schüttelversuch gefundenen übereinstimmt. Die Titrationsaziditäten sind untereinander gleich und halten sich auf derselben Höhe wie dort; die Wasserstoffzahlen schwanken dagegen nicht unbedeutend, Lösung 4 hat eine etwa fünf mal so grosse als Lösung 1, dazwischen liegen die Werte für die beiden anderen. Ein Zusammenhang zwischen den Aziditätszahlen und den Abdampf- und Glührückständen gibt sich nicht zu erkennen; vielleicht spricht aber der Versuch für einen Zusammenhang zwischen

dem Gehalt an organischer Substanz und den Wasserstoffzahlen, denn mit der organischen Substanz steigen und fallen die Wasserstoffzahlen. Dieses Verhalten würde eher mit der Annahme des Vorhandenseins einer organischen Säure übereinstimmen.

Von diesem Versuch bis zum nächsten Ablassen des Sickerwassers verstrichen 8 Tage. Die Menge der dann ablaufenden Lösung war, da inzwischen ein Teil des aufgegosenen Wassers verdunstet war, erheblich geringer; sie betrug durchschnittlich 250 ccm. Die Farbe aller Lösungen war dunkler als beim ersten Versuch. Für die Untersuchung wurden die Filtrate vereinigt. Zur Bestimmung der Wasserstoffzahl wurden zwei Elektroden mit der nicht weiter behandelten und zwei mit ausgekochter und unter Abschluss von Kohlensäure eingefüllter Lösung beschickt. 100 ccm der Lösung wurden wieder nach Verdünnen mit 200 ccm ausgekochten Wassers mit 0.1-normaler Natronlauge titriert; in weiteren 100 ccm wurde der Abdampf- und Glührückstand bestimmt. Die folgenden Zahlen geben die erhaltenen Werte an:

	Titrationsazidität 3.80 und 3.60 ccm $\frac{\text{NaOH}}{10}$			
	ohne Kochen		nach dem Kochen	
Wasserstoffexponent. . .	3.72	3.81	3.92	3.92
Wasserstoffzahl . . .	$1.5 \cdot 10^{-4}$	$1.8 \cdot 10^{-4}$	$1.1 \cdot 10^{-4}$	$1.1 \cdot 10^{-4}$
Abdampfrückstand	0.1212 g		—	—
Glührückstand	0.0222 "		—	—
Organische Substanz. . . .	0.0990 "		—	—

Man erkennt hieraus, dass in dieser konzentrierten Lösung sowohl die Titrationsazidität als auch die Wasserstoffzahl erheblich grösser ist, als in dem ersten weniger konzentrierten Ablauf. Beides ist jedenfalls, da der Glührückstand eine deutliche Abnahme gegenüber dem des ersten Ablaufes erfahren hat, dem grösseren Gehalt der Lösung an organischen Stoffen zuzuschreiben. Untereinander stimmen diese bei einer Lösung erhaltenen Messungsergebnisse gut überein, es wird auch, wie schon früher festgestellt ist, die Wasserstoffzahl durch das Auskochen und Einfüllen unter Fernhaltung der Kohlensäure nicht beeinflusst. Dieser Abschluss der Kohlensäure der Luft wurde hier so bewirkt, dass gleich nach dem Auskochen der Lösung und dem Ersatz des verdampften Wassers durch frisch ausgekochtes Wasser der Kolben mit der Humuslösung an den Wasserstoffentwicklungsapparat angeschlossen und unter dauerndem Durchleiten von Wasserstoff abgekühlt

wurde. Das Austrittsrohr des Gases aus dem Kolben führte gleich in das Elektrodengefäß, aus dem auf diese Weise die Luft durch Wasserstoff verdrängt wurde. Durch entsprechendes Neigen des Kolbens wurde schliesslich nach dem Erkalten die Lösung selbst durch das gleiche Austrittsrohr in die Elektrode übergeführt. Es liess sich so in einfachster Weise erreichen, dass die Lösung nach dem Auskochen überhaupt nicht mehr mit Luft, sondern nur noch mit reinem Wasserstoffgas in Berührung kam. Eine Beeinflussung der Messungsergebnisse durch den Kohlensäuregehalt der Luft war also nach dem Ausfall dieses Versuches nicht vorhanden, und es wurde diesem Punkte infolgedessen weiterhin keine Beachtung mehr geschenkt.

Bei den drei nächsten Abläufen, deren Untersuchungsergebnisse hier als die letzten dieser Art mitgeteilt werden sollen, waren 1000 ccm ausgekochtes Wasser auf den Rohhumus gegeben und nach 24 Stunden langem Stehen von jedem Gefäß ungefähr ebensoviel abgelassen. Die Ergebnisse der Untersuchungen selbst waren fast die gleichen, wie beim vorausgehenden Versuche, wie aus den folgenden Zahlen hervorgeht:

	Ablauf 3		Ablauf 4	Ablauf 5
	1	2		
Titrationssazidität . . .	3.60	3.60	2.60	3.10
Wasserstoffexponent . . .	3.67	3.55	3.83	3.66
Wasserstoffzahl	$2.1 \cdot 10^{-4}$	$2.8 \cdot 10^{-4}$	$1.4 \cdot 10^{-4}$	$2.1 \cdot 10^{-4}$
Abdampfdruckstand	0.1040 g		0.0852 g	0.0921 g
Glührückstand	0.0180 „		0.0142 „	0.0135 „
Organische Substanz	0.0860 „		0.0710 „	0.0786 „

Diese verschiedenen Versuchsreihen dürften wohl eines mit Sicherheit beweisen, nämlich das, dass aus Rohhumusanhäufungen saure Stoffe in nicht unbeträchtlichen Mengen gelöst werden können. Chemisch näher charakterisieren lassen sich diese Stoffe natürlich zunächst nicht; das dürfte wohl überhaupt zu den schwierigsten Aufgaben der Chemie zu zählen sein. Denn allem Anschein nach handelt es sich hierbei nicht um einfache chemische Stoffe, wie etwa die eine oder die andere der bekannteren organischen Säuren, sondern um Stoffe, die ein sehr hohes Molekulargewicht besitzen und schon zu den Kolloiden zu rechnen sind. Die Existenz solcher kolloider saurer Stoffe im Hochmoorhumus kann durch die Arbeiten von SVEN ODEN, EHRENBURG und BAHR und von FISCHER als be-

wiesen gelten, aber auch für die sauren Stoffe, die sich mit Wasser aus dem hier benutzten Kiefernrohhumus ausziehen lassen, konnte durch einige einfache Versuche auf die gleiche, kolloide Beschaffenheit geschlossen werden. Als nämlich die Lösungen des dritten Ablaufes mit absorbierenden Stoffen zusammengebracht wurden, da zeigte es sich, dass sich dadurch ein grosser Teil der organischen Substanz entfernen liess und dass dabei gleichzeitig sowohl die Titrationsazidität, als auch die Wasserstoffzahl der Lösung abnahm. Wurden z. B. ungefähr 200 ccm der dunkelbraun gefärbten Rohhumuslösung, die bei der Titration auf 100 ccm 3.6—3.8 ccm 0.1-normaler Natronlauge erforderte, mit ungefähr 50 g reinstem Bariumsulfat geschüttelt, so war die Farbe des Filtrates nur noch gelb, die Titrationsazidität war auf 1.5—1.6 ccm Natronlauge gefallen und die Wasserstoffzahl war dabei von $2.3 \cdot 10^{-4}$ auf $2.1 \cdot 10^{-5}$ zurückgegangen, Der Gehalt der Lösung an organischen Stoffen betrug statt 87 mg in 100 ccm nur noch 60 mg.

Ein zweiter Schüttelversuch mit einer anderen Rohhumuslösung unter Verwendung von 200 ccm und fast 100 g Bariumsulfat lieferte folgendes Ergebnis:

	Ursprüngl. Lösung	Nach dem Schütteln mit BaSO_4
Titrationssazidität.	2.6—2.6 ccm	0.70—0.60 ccm
Wasserstoffzahl	$2.1 \cdot 10^{-4}$	$5.1 \cdot 10^{-5}$
Organische Stoffe in 100 ccm . .	70.0 mg	47.6—45.0 mg

Da nun das kristallinische Bariumsulfat, wie aus den Untersuchungen von R. MARC¹⁾ hervorgeht, vornehmlich zur Adsorption von Stoffen im kolloidalen Zustande befähigt ist und zwar derart, dass sich direkt eine Mengenbestimmung dieser kolloiden Stoffe mit Hilfe von Bariumsulfat ausführen lässt, so drängen die vorstehenden Untersuchungen zu der Annahme, dass Stoffe im kolloiden Zustande es sind, die die Azidität der Rohhumuslösungen bedingen oder wenigstens daran teilhaben.

Die gleichen Beobachtungen wie bei den Schüttelversuchen mit Bariumsulfat wurden dann auch noch bei Filtrationsversuchen mit den Rohhumuslösungen durch Sandboden gemacht. Durch 200 g eines neutralen Sandbodens, der sich in einem Trichter in 10 cm hoher Schicht befand, wurden z. B. 1000 ccm Roh-

¹⁾ Kolloid-Zeitschrift Bd. XI, S. 195 und Bd. XIII, S. 281.

humuslösung hindurchfiltriert. Der erste Teil des Filtrates, etwa 200 ccm, war stark entfärbt, die späteren Anteile behielten dann mehr und mehr ihre ursprüngliche Färbung; zur Untersuchung benutzt wurden die ersten weingelb gefärbten 200 ccm und die nächsten, schon wieder bräunlich gefärbten 200 ccm.

	Ursprüngliche Lösung	Filtrat I	Filtrat II
Titrationssazidität (100 ccm). . .	2.8 ccm NaOH/10	0.2 ccm NaOH/10	1.50 ccm NaOH/10
Wasserstoffzahl .	$2.1 \cdot 10^{-4}$	$2.4 \cdot 10^{-6}$	$1.7 \cdot 10^{-5}$
Organische Stoffe in 100 ccm . .	79 mg	25 mg	44 mg

Also auch hier, wie auch noch bei Versuchen mit anderen Lösungen, auf deren Mitteilung aber wohl verzichtet werden kann, waren die gleichen Beobachtungen zu machen, wie bei den Versuchen mit Bariumsulfat, nämlich Adsorption der organischen Stoffe und damit Hand in Hand Abnahme der Titrations- und der wahren Azidität. Diese Ergebnisse dürfen wohl als Belege dafür aufgefasst werden, dass die Azidität der Rohhumuslösungen wenigstens zum Teil abhängig ist, von der Gegenwart von Säuren, die sich im kolloiden oder zum mindesten in einem infolge ihrer Molekülgrösse dem kolloiden sehr nahestehenden Zustande befinden. Damit würden sich die vorstehenden Befunde denen beim Arbeiten mit Hochmoorhumus von TACKE, SVEN ODEN, EHRENBURG und BAHR und von FISCHER erhaltenen in bester Übereinstimmung anschliessen.

Was nun die für den Gegenstand der vorliegenden Arbeit besonders wichtige Frage nach dem Aziditätsgrade unserer Rohhumuslösung und ihrer davon abhängigen lösenden Wirkung auf den darunter liegenden Boden angeht, so vermittelt uns wohl am einfachsten ein Vergleich der gemessenen Wasserstoffzahlen mit denen bekannter Säuren eine Vorstellung davon. Ziehen wir die Wasserstoffzahlen der letzten Abläufe in Betracht, deren mittlerer Wasserstoffexponent = 3.69 und deren mittlere Wasserstoffzahl = $2.0 \cdot 10^{-4}$ war, so würde die Stärke dieser Säurelösung übereinstimmen mit der einer 0.0002 normalen Salzsäure, für die die entsprechenden Werte 3.70 und $1.9 \cdot 10^{-4}$ sind. Eine Salzsäure von dieser Konzentration stellt nun gewiss nach den gewöhnlichen Begriffen eine noch ganz ausserordentlich schwache saure Lösung dar, und man könnte geneigt sein, von der Wirkung so schwach saurer Lösungen sehr gering zu denken. Aber einmal darf man nicht ver-

gessen, dass es sich bei der Wirkung unserer ebenso schwach sauren Rohhumuslösung auch um grosse Zeiträume handelt, wodurch natürlich auch eine sehr schwache Säure schliesslich sehr merkbare Veränderungen herbeizuführen vermag. Dann kommt aber auch der Rohhumuslösung gegenüber der 0.0002 normalen Salzsäure in bezug auf ihre lösende Kraft eine nicht zu unterschätzende Überlegenheit zu. Worin diese Überlegenheit begründet liegt, erkennt man gleich, wenn man die Titrationsazidität unserer Rohhumuslösung betrachtet und mit der einer 0.0002 normalen Salzsäure vergleicht. 100 ccm der Rohhumuslösung besitzen nämlich eine Azidität, die 3.6 ccm 0.1-normaler Natronlauge entspricht, wogegen 100 ccm einer 0.0002 normalen Salzsäure bereits durch 0.2 ccm 0.1-normaler Natronlauge neutralisiert werden. Aus der angegebenen Titrationsazidität und der Wasserstoffzahl berechnet sich für die Rohhumuslösung, dass die in ihr enthaltene Säure nur zu etwa 6 % elektrolytisch dissoziiert ist, während das bei der 0.0002 normalen Salzsäure so gut wie vollkommen der Fall ist. Daraus folgt nun, dass die Stärke der Salzsäure beim Lösungsvorgange viel schneller auf ein geringeres Mass herabgedrückt wird, als die Stärke der Rohhumuslösung; denn die Säure in der Rohhumuslösung vermag durch weitere Dissoziation ihres nicht dissoziierten Anteils immer noch eine Zeit lang Wasserstoffionen nachzuliefern und sich dadurch längere Zeit auf einer ansehnlichen Höhe der Wirksamkeit zu erhalten, was bei der Salzsäure natürlich unmöglich ist.

Durch einen Versuch konnte denn auch festgestellt werden, dass die Rohhumuslösung dieser theoretischen Forderung im grossen und ganzen entspricht. Es wurden bei diesem Versuch 100 ccm eines späteren Ablaufes einmal mit 3.0 ccm 0.1-normaler Natronlauge vollständig neutralisiert, in zwei anderen Portionen wurde die Azidität nur teilweise, nämlich einmal durch Zusatz von 2.0 und einmal durch 1.0 ccm Natronlauge abgestumpft. An allen vier Lösungen wurden dann die Wasserstoffzahlen gemessen; die Werte dafür waren die folgenden:

ohne Zusatz	1 ccm NaOH/10	2 ccm NaOH/10	3 ccm NaOH/10
1. $2.1 \cdot 10^{-4}$	$1.3 \cdot 10^{-5}$	$3.4 \cdot 10^{-7}$	$1.9 \cdot 10^{-8}$
2. $1.9 \cdot 10^{-4}$	$1.2 \cdot 10^{-5}$	$4.1 \cdot 10^{-7}$	$1.3 \cdot 10^{-8}$

Nach Zusatz von 1 ccm Natronlauge besass also die Lösung noch eine ganz ansehnliche Azidität, mit 2 ccm Natronlauge

näherte sich dann die Reaktion allerdings schon sehr dem Neutralpunkt und mit 3 ccm Natronlauge war schon, dem Umschlagspunkt für das Phenolphthalein entsprechend, die Alkalinität erreicht. Dass die Nachlieferung von Wasserstoffionen bei der Neutralisation nicht noch deutlicher in die Erscheinung tritt, als es nach den erhaltenen Zahlen der Fall ist, liegt wahrscheinlich an der Tatsache, dass das durch die Neutralisation entstehende Alkalisalz die Dissoziation der noch vorhandenen freien Säure herabsetzt,¹⁾ ein Verhalten, auf das wir später noch einmal eingehen müssen.

Ist nun einerseits nach den vorstehenden Darlegungen anzunehmen, dass die Säure in der Rohhumuslösung einer Salzsäure oder überhaupt einer starken Säure von gleicher Wasserstoffzahl gegenüber in ihrer lösenden Wirkung sicherlich nicht unterlegen ist, so ist sie andererseits diesen Säuren gegenüber erheblich im Nachteil, wenn es sich um die Wirkung stärkerer Konzentrationen handelt. Dann vermag die Stärke der Salzsäure noch sehr beträchtlich zu steigen, wogegen die der Humuslösung sich nur wenig verändern wird. Als Bild dieses voraussichtlichen Verhaltens der Rohhumuslösung vermag uns jede schwache organische Säure zu dienen. So steigt z. B. die Wasserstoffzahl der Essigsäure von einer 0.001-normalen über die 0.01- und 0.1-normalen zur normalen Essigsäure in folgender Weise:

0.001-normal	0.01-normal	0.1-normal	normal
$1.36 \cdot 10^{-4}$	$4.3 \cdot 10^{-4}$	$1.36 \cdot 10^{-3}$	$4.3 \cdot 10^{-3}$

Durch hundertfache Erhöhung der Gesamtkonzentration findet also eine Erhöhung der Wasserstoffzahl um nur das Zehnfache statt. Bei diesem Verhalten der Essigsäure werden wir also auch bei der Rohhumuslösung nur eine geringe Steigerung der Wasserstoffzahl durch selbst erheblicher Erhöhung der Konzentration erwarten dürfen. Der Versuch bestätigte denn auch dieses theoretisch vorauszusehende Verhalten. Es wurden nämlich 1000 ccm der Rohhumuslösung vom dritten Ablauf im Vakuum bei 50° C. bis auf 200—250 ccm eingeengt, und an dieser konzentrierten Lösung wurde wiederum die Titrationsazidität, die Wasserstoffzahl und der Trocken- und Glührückstand bestimmt; gleichzeitig wurde an der ursprünglichen Lösung die Bestimmung der Titrationsazidität und der Wasserstoffzahl wiederholt. Die Ergebnisse des Versuches sind im folgenden zusammengestellt:

¹⁾ L. MICHAELIS, Die Wasserstoffionenkonzentration, Berlin 1914, S. 16.

	Ursprüngliche Lösung	Konzentrierte Lösung
Titrationssazidität (ccm NaOH/10 auf 100 ccm der Lösung) . .	3.6—3.6	15.0—14.0
Wasserstoffzahl	$2.3 \cdot 10^{-4}$ — $2.3 \cdot 10^{-4}$	$3.7 \cdot 10^{-4}$ — $3.8 \cdot 10^{-4}$
Abdampfückstand	0.104 g	0.490—0.500 g
Glührückstand	0.018 „	0.070—0.078 „
Organische Stoffe	0.086 „	0.420—0.422 „

Es hat hiernach also als Folge der ungefähr vierfachen Konzentration der ursprünglichen Lösung eine entsprechende Zunahme des Abdampf- und Glührückstandes, der organischen Substanz und auch der Titrationsazidität stattgefunden. Die Zunahme der Wasserstoffzahl aber ist, wenn auch bei der guten Einstellung des Potentials und der dadurch bewirkten guten Übereinstimmung der erhaltenen Werte eine unzweifelhafte, so doch nur eine sehr geringe gewesen.

Allerdings muss hier darauf aufmerksam gemacht werden, dass die Aziditätszunahme bei diesem Versuch doch vielleicht noch etwas geringer ausgefallen ist, als der Konzentrationszunahme der Lösung entspricht. Es ist nämlich möglich, dass das Erhitzen zu einer Veränderung der sauren Kolloide der Lösung geführt hat. Da aber eine nur ziemlich niedrige Temperatur beim Eindampfen angewandt wurde, und diese Temperatur auch nur kurze Zeit einwirkte, so wird doch wohl trotz der möglichen, geringen Veränderung der Wasserstoffzahl beim Eindampfen ausgesprochen werden dürfen, dass auch erheblich gehaltreichere Rohhumuslösungen als die bei den Sickerversuchen freiwillig abgelaufenen keine wesentlich höhere Wasserstoffzahl und damit keine wesentlich stärker lösende Kraft besitzen werden, wie jene.

Auf Grund dieses mit dem einer schwachen organischen Säure durchaus übereinstimmenden Verhaltens der Rohhumuslösung gelangen wir zu einer wohl ziemlich gesicherten Vorstellung darüber, wie hoch im günstigsten Falle die Azidität der unter natürlichen Verhältnissen auf einen Mineralboden zur Einwirkung gelangenden Humuslösung sein kann; da nämlich in der Natur konzentriertere Lösungen als die bei den Sickerversuchen erhaltenen kaum Entstehung nehmen können, so wird eine Konzentration von wenig über 10^{-4} Gramm Jon Wasserstoff im Liter erreicht werden können. Im übrigen darf die Stärke der Säure in der Rohhumuslösung angenähert auf die der Essigsäure geschätzt werden, wie ein Vergleich der Wasserstoffionenkonzen-

tration und der Titrationsazidität bei der Essigsäure beweist. Eine Essigsäure nämlich, die auf 100 ccm 2–3 ccm 0.1-normaler Natronlauge verbraucht, hat eine Wasserstoffzahl von $1-3 \cdot 10^{-4}$, eine solche die 14–15 ccm 0.1-normaler Natronlauge verbraucht hat eine Wasserstoffzahl von ungefähr $5 \cdot 10^{-4}$. Hiermit stimmen die für die Rohhumuslösung ermittelten Zahlen so weit überein, dass wir der oder den darin enthaltenen Säuren ungefähr das gleiche Dissoziationsvermögen wie der Essigsäure zuschreiben dürfen.

Die Fortsetzung der vorliegenden Untersuchungen hätte nun eigentlich den experimentellen Beweis dafür zu erbringen gehabt, dass die Rohhumuslösung mit der oben festgestellten Wasserstoffzahl auch wirklich dazu befähigt war, Tonerde und Eisenoxyd zu echten, ionisierten Salzen aufzulösen und durch diese Salzlösung die Austauschazidität der Böden hervorzubringen. Das zu beweisen, war auch schon bei der Einrichtung der oben beschriebenen Sickerversuche geplant gewesen. Es sollten nämlich die dabei erhaltenen Humuslösungen auf neutralen Mineralboden zur Einwirkung gebracht werden und spätere Untersuchungen des behandelten Bodens sollten den Beweis für die zu erwartende Wirkung der Humuslösungen liefern. Leider stiess aber dieser Teil der Untersuchungen auf Schwierigkeiten, die bisher nicht vollkommen überwunden werden konnten. Als nämlich zuerst versucht wurde, die Rohhumuslösung durch eine Schicht eines mittelschweren neutralen Bodens hindurch sickern zu lassen, zeigte es sich, dass der Boden bald derart zusammengelagert war, dass in 24 Stunden kaum ein Tropfen hindurchdrang. Und als, um diese Schwierigkeit zu umgehen, der Boden mit der Humuslösung geschüttelt wurde, wobei nach dem Absetzen die Lösung abgehebert und durch frische Lösung ersetzt werden sollte, da verlegte diesen Ausweg die bekannte Aufteilung des Tons durch Humusstoffe; der Ton des Bodens blieb wochenlang in der Lösung suspendiert. Bei einem einzigen Versuch, der mit leichtem Sandboden angestellt wurde, gelang es schliesslich nach dem ersten Verfahren in einer Zeit von etwa drei Wochen 10 Liter Humuslösung zum Durchsickern zu bringen.

Dieser Versuch war so ausgeführt, dass die Humuslösung durch eine etwa 10 cm dicke Schicht des Sandbodens im Gewichte von 200 g hindurchfiltriert wurde. Es war der gleiche Versuch, von dem oben schon (S. 59) die Wasserstoffzahlen der beiden

ersten Filtrate von je 200 ccm angegeben sind. Nachdem in 3—4 Wochen 10 Liter der Rohhumuslösung durch den Boden hindurchgesickert waren, wurden noch zur Entfernung der Humuslösung 3 Liter Wasser hindurchfiltriert, was abermals zwei Wochen dauerte. Dann erst wurde der Boden auf seine Fähigkeit, sich mit Kaliumchloridlösung umzusetzen, untersucht. Eine vorhergehende qualitative Prüfung mit Lackmuspapier zeigte schon, dass der Boden stark sauer geworden war, und eine Prüfung mit normaler Kaliumchloridlösung lieferte ein saures Filtrat. Zur quantitativen Bestimmung der Austauschfähigkeit von Aluminium- gegen Kaliumion wurden dann schliesslich ungefähr 100 g des Bodens mit 100 ccm normaler Kaliumchloridlösung eine Stunde lang geschüttelt und 50 ccm des Filtrates mit 0.1 normaler Natronlauge titriert. Dabei verbrauchte

Probe 1	. . .	0.7 ccm NaOH/10
Probe 2	. . .	1.3 „ „

In beiden Lösungen fiel in geringer Menge ein flockiger, weisser Niederschlag bei der Titration aus, der, in Salzsäure gelöst, nach Zusatz von Ammonchlorid durch Ammoniak wieder fällbar war, also aus Aluminiumhydroxyd bestand.

Trotz der Unvollkommenheit, die diesem Versuche fraglos noch anhaftet, kann er doch wohl schon als eine experimentelle Bestätigung dafür aufgefasst werden, dass die in den Boden eindringende Humuslösung die Austauschazidität hervorbringt. Ob die Rohhumuslösung aber einzig und allein dadurch wirkt, dass sie im Boden die Tonerde auflöst und sie zum Ionenaustausch mit anderen Bodenbestandteilen bringt, dafür kann aus dem Versuch doch noch nichts wirklich Bindendes hergeleitet werden; dieser Nachweis wird wahrscheinlich überhaupt nur sehr schwer mit vollkommener Sicherheit sich führen lassen.

Es stammt zwar ganz ohne Frage das am Ionenaustausch beteiligte Aluminium und Eisen aus dem Boden, es ist aber nicht nötig, dass die Salze von Aluminium und Eisen, deren Wirkung auf den Boden zu der Befähigung zum Ionenaustausch geführt hat, sich im Boden selbst gebildet haben. Es kommt nämlich noch eine andere Möglichkeit in Frage für die Art und Weise, in der diese Salze zu einer Wirkung auf den Boden gelangen können. Sie brauchen nicht unter dem Einfluss der sauren Humuslösung erst im Boden entstanden zu sein, sondern

sie können auch aus dem Rohhumus selbst stammen, und hier im Rohhumus können sie sogar noch in verschiedener Art Entstehung nehmen.

Dass zunächst die Aluminium- und Eisensalze bereits im sauren Rohhumus sich bilden können, kann man kaum bestreiten, wenn man die ganz erheblichen Mengen von Aluminium- und Eisenoxyd betrachtet, die in Rohhumusablagerungen enthalten zu sein pflegen. Nach den von RAMANN¹⁾ ermittelten Zahlen enthalten 1000 Teile Trockensubstanz verschiedener Rohhumusarten folgende Mengen von Tonerde und Eisenoxyd:

	Kiefern- humus	Buchen- rohhumus	Heide- rohhumus	Gemischter Rohhumus
Al ₂ O ₃ . . .	4.827 g	10.700 g	10.094 g	6.402 g
Fe ₂ O ₃ . . .	2.086 „	3.280 „	4 879 „	3.565 „

Man erkennt aus diesen Zahlen, wie hier im Rohhumus bereits die Tonerde, die auch bei der Austauschazidität des Mineralbodens eine so bevorzugte Rolle spielt, das Eisenoxyd weit an Menge übertrifft. Dass nun von diesen bedeutenden Mengen an Sesquioxiden im Rohhumus die darin entstehenden Säuren etwas auflösen können, wird man kaum bezweifeln dürfen, und es kann daher auch nicht in Abrede gestellt werden, dass möglicherweise die Austauschazidität der unter dem Rohhumus liegenden Mineralböden zum Teil wenigstens von dem Aluminium- und Eisenoxyd herrührt, das einst die Pflanzen mit ihren Wurzeln aus dem Boden entnommen haben und das bei der Zersetzung ihrer Überreste im Rohhumus sich aufgespeichert hat.

Ausser auf diesem können aber Tonerde- und Eisensalze auch noch auf anderem Wege im Rohhumus Entstehung nehmen und auf den Mineralboden zur Einwirkung gelangen, nämlich durch die Erscheinungen, die mit der sogenannten Neutralsalzzersetzung durch Humusstoffe in Verbindung stehen. Darauf soll im nächsten Teile der Arbeit hingewiesen werden. Die Feststellungen des ersten Teiles der vorliegenden Untersuchungen führen somit nur zu dem Ergebnis, dass die in Anbetracht der sauren Beschaffenheit von Rohhumuslösungen zu allererst zu berücksichtigende Annahme, die Austauschazidität der unter Rohhumus liegenden Böden rühre von der Bildung von Aluminium- und Eisensalzen im Boden unter dem Einfluss dieser sauren

¹⁾ Die Waldstreu, Berlin, 1890, S. 29.

Humuslösungen her, in dem Aziditätsgrade der Humuslösungen fraglos eine starke Stütze findet, dass aber auch noch andere Annahmen möglich sind, so dass eine endgültige Entscheidung in dieser Frage erst noch durch spätere Untersuchungen angestrebt werden muss.

C. Beeinflussung der Azidität durch die Neutralsalzzersetzung.

Auf die Neutralsalzzersetzung durch Humusstoffe ist wohl zum ersten Male von EICHHORN¹⁾ in einer Arbeit über die Absorptionerscheinungen in den Ackererden aufmerksam gemacht worden. EICHHORN fand bei Versuchen mit einer künstlich hergestellten Humussäure und einem mit Salzsäure gereinigten Torf, dass der Titer einer mit diesen Stoffen in Berührung gewesenen Chlorammonium- und Chlorkaliumlösung gegen $\frac{1}{20}$ normale Kaliumhydroxydlösung deutlich stieg. Die Schlussfolgerung, die EICHHORN aus diesem Verhalten zog, lautete wie folgt: „Wir sehen hieraus, dass die Humussäure, bis zu gewissen Mengen natürlich nur, im Stande ist, aus Chlorammonium und Chlorkalium durch Überführen von Ammoniak und Kalium in unlösliche Form, Chlorwasserstoff aus diesen Verbindungen frei zu machen. Es wird daher freie Humussäure, wenn sie in Bodenarten enthalten ist, nach Düngung mit neutralen Salzen eine stärkere Säuerung in denselben erzeugen, als vor der Zugabe der neutralen Salze vorhanden war, da die Humussäure für sich allein nur eine geringe saure Reaktion gibt.“

A. KÖNIG²⁾ hat dann später bei Untersuchungen über das Absorptionsvermögen humoser Medien die Befunde EICHHORNS an mehr oder weniger künstlichen Produkten durch Versuche mit natürlichen sauren Humusstoffen bestätigt. KÖNIG stellte seine Absorptionsversuche unter Verwendung von Sphagnummoor und neutralen Ammoniak- und Kalisalzen an und fand dabei, dass die Lösungen dieser Neutralsalze nach erfolgter Adsorption stets sauer reagierten. Auf S. 23 seiner Arbeit erklärt er diese saure Reaktion der Lösungen „als Folge gelöster Humussäuren oder abgeschiedener Mineralsäuren“ und gibt weiterhin aber auch an, dass in den sauren Lösungen Eisen durch Blutlaugensalz nachweisbar war. Bei einem anderen Versuche mit Moor

¹⁾ Landw. Jahrbücher Bd. 4, 1875, S. 21.

²⁾ Ebenda Bd. 11, S. 1.

und Ammoniumchlorid sagt er dann S. 36 nochmals, dass aufgelöste Humussäuren oder Salzsäure, die durch Einwirkung der Humussäuren aus dem Chlorammonium frei gemacht würde, die Azidität der mit Moorboden geschüttelten Chlorammoniumlösung bewirke. In einer Anmerkung hierzu führt KÖNIG dann noch weiter aus: „Diese von EICHORN bereits vertretene Ansicht hat viel Wahrscheinlichkeit für sich, da reines Wasser, wie auch von mir beobachtet worden, bei Behandlung mit Moor nicht so sauer wird, wie eine Chlorammonium- oder Chlorkaliumlösung.“

Diese rein chemische Deutung der eigenartigen Einwirkung von Moorboden auf Neutralsalzlösungen ist später allgemein angenommen worden, so auch in der eingehenden Untersuchung, die auf Veranlassung von FLEISCHER¹⁾ W. HESS diesem Gegenstande gewidmet hat. Auch neuerdings noch schliesst sich P. EHRENBURG²⁾ dieser Auffassung an; er schreibt nämlich bei der Behandlung des Basenaustausches: „Auf die Zersetzung von Neutralsalzen durch Aufnahme des basischen Anteils vom Erdboden ist gleichfalls hier nicht näher einzugehen, nachdem für die Bodenart, bei der sich ein solcher Vorgang am häufigsten, ja fast ausschliesslich zeigt, nämlich Humus- und Moorböden chemische Reaktionen und nicht Bindung durch Beeinflussung der Oberflächenspannung oder andere Kolloiderscheinungen als massgebend erwiesen sind.“

Trotzdem hätte man nun aber schon längst zu einer ganz anderen Auffassung der Einwirkung von Moorboden auf Neutralsalzlösungen gelangen können, wenn man der bereits von A. KÖNIG gemachten und später von FLEISCHER bestätigten Beobachtung etwas mehr Aufmerksamkeit geschenkt hätte, nämlich der Beobachtung, dass sich in den mit Moorboden in Berührung gewesenen und dadurch sauer gewordenen Neutralsalzlösungen stets auch etwas gelöstes Eisen nachweisen liess. Hätte man diese Beobachtung weiter verfolgt, wie sie es wohl verdiente, so wäre man sicher damals schon zu derselben Erklärung der Neutralsalzzersetzung gelangt, auf die hinzudeuten jetzt DAIKUHARA³⁾ vorbehalten blieb. DAIKUHARA fand nämlich, dass ausser neutralen Gesteinen und Mineralböden auch aus Torf hergestellte Humussäure nach dem Schütteln mit Aluminium- und Eisensalzlösungen

¹⁾ Landw. Jahrbücher Bd. 20, 1891, S. 898.

²⁾ Die Kolloide des Bodens, Dresden und Leipzig 1908, S. 251.

³⁾ Bull. of the Imp. Centr. Agricult. Exp. Stat. Japan, Vol. II, Nr. 1, S. 19.

mit Kaliumchlorid reagiert, also die Azidität durch Basen- oder Ionenaustausch erwirbt. Daraus aber folgerte DAIKUHARA bereits weiter, dass „die Azidität der Moorböden oder Humusböden nicht immer allein aus freien Humussäuren stamme, sondern dass man darin auch manchmal von durch Bodenkolloide adsorbierten Tonerde- und Eisenverbindungen stammende finde“. Untersuchungen fuhrte DAIKUHARA — wenn man von einem in einer Anmerkung angedeuteten qualitativen Versuch absieht — nicht an, und so war es denn, um die Bedeutung der Neutralsalzsäure für die Veränderung der Böden unter Rohhumusbedeckung, also als Verwitterungsfaktor, zu ermessen, zu allererst notwendig, die Frage darnach, ob rein chemische oder kolloidchemische Ursachen der Einwirkung der Humusböden auf die Neutralsalzlösungen zu Grund lägen, durch Versuche vorher zu entscheiden. Diese Untersuchungen wurden mit Kiefern- und Fichtenrohhumus begonnen, die aus der Nähe der früher genannten Bodenproben 1 und 2 aus Dorna in Sachsen-Altenburg stammten. An der Probenahmestelle lag zu oberst eine sehr wenig zersetzte dünne Schicht von Kiefernadeln und darunter, direkt auf dem Boden, eine etwa 5 cm starke, besser zersetzte Rohhumusschicht; an der Probenahmestelle im Fichtenwalde lag auf dem Mineralboden eine etwa 8 cm starke nur sehr wenig humufizierte Schicht von Fichtennadeln, die mehr als Streu wie als Rohhumus anzusprechen war. In Anlehnung an Versuche über die Azidität der Pflanzenmembran von WIELER¹⁾, zu deren Nachprüfung die vorliegenden Versuche gleichzeitig einen Beitrag bringen sollten, wurden zunächst qualitative Prüfungen mit dem BAUMANN-GULLYSchen Reagens — Kaliumjodid und Jodat — an diesen Streu- bzw. Rohhumusproben und den darunterliegenden Böden angestellt. Alle fünf Proben gaben damit eine sofort eintretende scharfe Reaktion, die auch durch vorheriges Auswaschen der Proben mit reinem Wasser nicht vermindert wurde. Dann wurden weiter nach der Arbeitsweise von WIELER 3 g der lufttrockenen, nur gröblich zerkleinerten Fichtenstreu eine Stunde lang mit 10-prozentiger Calciumazetatlösung, ausserdem aber — und darum handelt es sich hier ja ganz besonders — 3 g in gleicher Weise mit 100 ccm normaler Kaliumchloridlösung behandelt. Ein anderer Teil der

¹⁾ Bericht der Deutschen botanischen Gesellschaft Bd. XXX, S. 394.

Fichtenstreu, ferner die Kiefernadelstreu und der dazu gehörige Rohhumus wurden durch Mahlen zu einem erheblich grösseren Feinheitsgrade gebracht und ebenfalls mit den Lösungen geschüttelt; weiter wurde noch gemahlener Moostorf zum Vergleich herangezogen. 50 ccm der Filtrate wurden mit 0.1 normaler Natronlauge titriert.

	Fichtennadelstreu		Kiefern-	Kiefern-	Moostorf
	grob	fein	streu	rohhumus	
Calciumazetat .	3.4—3.5	6.1—6.1	6.4—6.4	6.8—7.1	11.8—12.0
Kaliumchlorid .	0.15—0.15	0.5—0.5	0.45—0.45	0.6—0.6	0.4—0.4

Man ersieht aus den Zahlen zunächst, dass durch das Vermahlen die Aziditätszahlen der Fichtennadelstreu gegen Calciumazetat wesentlich erhöht wurden. Auch an dem Titrationswert der Kaliumchloridlösung ist die Wirkung des Mahlens deutlich zu erkennen; um jedoch eine Wechselwirkung des Kaliumchlorids mit den angewandten Stoffen sicher zu stellen, dazu war die angewandte Stoffmenge doch noch zu klein. Beim nächsten Versuch wurde daher die zehnfache Menge der gemahlenden Stoffe angewandt, hinzugenommen wurden dabei die zugehörigen Bodenproben, auf den Moostorf dagegen wurde bei diesem Versuch verzichtet. Die Lösungsmenge wurde infolge der grösseren Stoffmenge verdoppelt, 100 ccm der Filtrate wurden mit Natronlauge titriert.

	Fichtenstreu	Boden 2	Kiefernstreu	Kiefern- rohhumus	Boden 1
Calciumazetat . .	50.4—50.1	11.40—11.6	53.4—53.0	59.2—59.2	9.5—10.0
Kaliumchlorid . .	2.8—3.0	6.7—7.0	3.7—3.1	6.1—6.0	4.7—4.9

Die Werte für beide Untersuchungsmethoden sind hier bedeutend gestiegen und die Wirkung der Pflanzenstoffe auf die Neutralsalzlösung ist damit unverkennbar geworden; beim Kiefernrohhumus ist sie sogar etwas grösser, als die des darunter liegenden Bodens. Mit abnehmendem Zersetzungsgrad des Kiefernrohhumus, nämlich bei der Kiefernstreu, nimmt die Fähigkeit zur Neutralsalzsplaltung deutlich ab, in erheblich geringerem Masse ist das auch bei der Neutralsalzsplaltung weit übertragenden Splaltung des Calciumazetats der Fall. Die Mineralböden bleiben in ihrer Wirkung auf das Calciumazetat weit hinter den Pflanzenstoffen zurück, was als Beweis dafür anzusprechen ist, dass besonders die organischen Stoffe zur Zersetzung der hydrolytisch gespaltenen Salze befähigt sind.

Zum Beweis dafür, dass die Neutralsalzzersetzung durch die geprüften Stoffe auf Ionenaustausch beruhe, genügten die vorstehenden Versuche aber auch noch nicht vollkommen. Zwar liess sich in allen Filtraten von den Pflanzenstoffen, die mit Kaliumchloridlösung behandelt waren, mit Hilfe von Sulfocyanalkalium Eisen als Ion nachweisen, aber nur in der am stärksten sauren Lösung fiel bei der Neutralisation ein bräunlich gefärbter Niederschlag aus. Bei den beiden anderen Filtraten trat nur eine Braunfärbung beim Titrieren auf, wie man sie auch beim Neutralisieren von Eisensalzlösungen beobachtet, ein Niederschlag aber entstand noch nicht. Die Konzentrationsverhältnisse bei dem Versuch mussten daher noch höher gehalten werden, um den Nachweis des Ionenaustausches endgültig zu liefern.

Dazu wurden im nächsten Versuch je zweimal 50 g des Kiefernrohhumus und der Fichtenstreu von Dorna, ferner eines Kiefernrohhumus von Blankenhain und eines Moostorfes aus Bremen mit 200 ccm — beim Moostorf waren 300 ccm nötig — normaler KCl-Lösung 24 Stunden stehen gelassen; dann wurde die Lösung abgepresst, filtriert und 100 ccm mit 0.1-normaler Natronlauge titriert. Hierbei entstand jetzt in allen Lösungen ein bräunlicher Niederschlag von allerdings verschiedener Stärke. Der Niederschlag wurde wieder in Salzsäure aufgelöst und nach Zusatz von Chlorammonium nochmals mit Ammoniak gefällt, abfiltriert und gewogen. Die Titrationswerte und die Niederschlagsmengen in Milligrammen waren die folgenden:

	ccm NaOH/10	$Al_2O_3 + Fe_2O_3$
Fichtenstreu Dorna	7.0—7.1	8.0— 9.1 mg
Kiefernrohhumus Dorna	9.1—9.3	19.5—21.0 "
Kiefernrohhumus aus Blankenhain .	7.3—7.5	12.0—10.0 "
Moostorf	4.1—4.0	2.2— 3.5 "

Die Zahlen beweisen, dass bei der Behandlung der Proben mit neutraler Kaliumchloridlösung eine deutliche Säuerung und zugleich ein Übergang von Ionen der Sesquioxyde, und zwar der Farbe des Niederschlages nach beurteilt unter nicht ganz unerheblicher Beteiligung von Eisenoxydionen in die Lösung erfolgt ist. Mit den Titrationswerten steigt und fällt diese Menge der Sesquioxyde allerdings keineswegs in proportionalem Verhältnisse, und die Rechnung zeigt dann auch, dass hier bei den Humusstoffen durchaus nicht mehr die annähernde Äquivalenz zwischen dem

bei der Titration verbrauchten Natriumhydroxyd und den ausgefällten Oxyden besteht, wie sie bei entsprechenden Versuchen mit Mineralboden anzutreffen ist. Die aus den Titrationswerten berechneten Mengen daran würden nämlich schon unter der Annahme, dass der Niederschlag ausschliesslich aus Aluminiumhydroxyd bestünde, rund 23, 31, 24 und 13 mg betragen, müssen aber, da dem Anschein nach auch etwas Eisenoxyd im Niederschlag enthalten war, noch höher angenommen werden. Für diese Unstimmigkeit zwischen den Titrationswerten und den ausgefallenen Sesquioxymengen dürften wohl hauptsächlich die beiden folgenden Erklärungsmöglichkeiten in Betracht kommen. Entweder wird nämlich die geringe Menge der Niederschläge dadurch bedingt, dass die Titrationsazidität der Kaliumchloridlösungen ausser durch die Aluminium- und Eisensalze auch noch durch in Lösung gegangene saure Humusstoffe bewirkt wird, oder aber es wird Tonerde und Eisenoxyd durch die Gegenwart der organischen Stoffe in den Extrakten vor der vollständigen Ausfällung geschützt. Der Entscheidung zwischen diesen Möglichkeiten wurden an dieser Stelle keine weiteren Untersuchungen gewidmet; später sollen noch eingehendere analytische Untersuchungen über den Austausch der dreiwertigen Ionen bei humosen Stoffen von verschiedener Herkunft ausgeführt werden, nachdem es mir durch die Freundlichkeit von Herrn Geheimrat Prof. Dr. Tacke gelungen ist, ausgezeichnetes Material für solche Untersuchungen zu erhalten. Das Ziel, das den vorliegenden Untersuchungen gesteckt war, war ja auch so schon ohne weitere analytische Arbeiten erreicht, denn es war einwandfrei festgestellt, dass an der sogenannten Neutralsalzzersetzung durch die Humusstoffe der Austausch dreiwertiger Ionen zum mindesten erheblich beteiligt ist; wahrscheinlich wird sie sogar — dafür sprechen auch noch die im folgenden mitgeteilten Messungen der Wassersstoffzahlen — ausschliesslich darauf zurückzuführen sein. Wie die Humusstoffe diese Fähigkeit zum Austausch dreiwertiger Metallionen erwerben, kann hier im einzelnen noch nicht auseinandergesetzt werden. Man könnte zwar bei dem oben bereits angegebenen hohen Gehalte der Humusstoffe an Sesquioxiden wohl annehmen, dass die bei der Bildung des Rohhumus entstehenden Säuren etwas von diesen Oxyden in Lösung und darauf in Wechselwirkung mit in adsorptiver Bindung befindlichen Alkalien oder Erdalkalien brächten. Dieser Annahme

steht aber wohl schon der Befund entgegen, dass auch bereits die nur wenig zersetzte Kiefern- und Fichtenstreu zum Ionenaustausch befähigt sind. Hieraus wäre zu folgern, dass vielleicht schon sehr bald nach dem Absterben der Pflanzenstoffe die Befähigung zum Austausch dreiwertiger Ionen erworben würde. Neuerdings in Gemeinschaft mit M. ZAPPE ausgeführte Untersuchungen, über die erst später in anderem Zusammenhange näher berichtet werden kann, führten aber zu dem interessanten Ergebnis, dass die Befähigung zur Wechselwirkung mit Kaliumchloridlösung manchen für die Rohhumusbildung wichtigen Pflanzen bereits in ganz frischem Zustande eigentümlich ist, so dass mit grösster Wahrscheinlichkeit geschlossen werden kann, dass das Ionenaustauschvermögen des Rohhumus nicht immer erst bei seiner Bildung erworben, sondern gleich von den zu seiner Bildung beitragenden Pflanzen mitgebracht wird.

Auf Grund des Befundes, dass die Neutralsalzzersetzung durch die Humusstoffe gerade so wie die durch Mineralböden bewirkte im wesentlichen auf Ionenaustausch zurückzuführen war, mussten nun aber auch die Erwartungen, die an diesen Vorgang mit Bezug auf eine Erhöhung der Azidität der Humuslösungen sich knüpfen liessen, eine gewisse Einschränkung erfahren. War nach den früheren Ansichten über die Neutralsalzzersetzung unter Umständen die Entstehung freier Mineralsäuren als Folge dieses Vorganges zu erwarten, so konnte es sich jetzt nur noch um die Aziditätssteigerung handeln, die durch hydrolytisch gespaltene Aluminium- und Eisensalze hervorgebracht werden kann. Die wahre Azidität dieser Salzlösungen ist aber, besonders bei den die Hauptrolle beim Ionenaustausch spielenden Aluminiumsalzen, selbst bei hohen Titrationsaziditäten erheblich geringer, als die, die man nach den Titrationswerten erwarten sollte. Das zeigen die folgenden Untersuchungen, die in Gemeinschaft mit M. ZAPPE an solchen Lösungen ausgeführt wurden.

Es wurden bei diesen Untersuchungen Lösungen von reinem Aluminiumchlorid und Eisenchlorid, die in Abstufungen 0.1 ‰ bis 10 ‰ dieser Stoffe enthielten, sowohl auf ihre Titrationsazidität als auch auf ihre in den Wasserstoffzahlen zum Ausdruck gelangende wahre Azidität geprüft und zwar mit dem aus den Zahlen der folgenden Tabellen zu entnehmenden Ergebnis:

Tabelle II.

Konzentration =					
0.1 ‰	0.25 ‰	0.5 ‰	1.0 ‰	5.0 ‰	10.0 ‰
AlCl ₃ , Titrationsazidität:					
1.3 ccm	3.2 ccm	6.0 ccm	11.8 ccm	57.0 ccm	115.2 ccm
AlCl ₃ , Wasserstoffzahl:					
4.4 · 10 ⁻⁵	6.4 · 10 ⁻⁵	8.3 · 10 ⁻⁵	1.1 · 10 ⁻⁴	1.7 · 10 ⁻⁴	2.3 · 10 ⁻⁴
FeCl ₃ , Titrationsazidität:					
1.2 ccm	3.0 ccm	5.8 ccm	11.2 ccm	—	—
FeCl ₃ , Wasserstoffzahl:					
1.0 · 10 ⁻³	1.6 · 10 ⁻³	2.8 · 10 ⁻³	4.3 · 10 ⁻³	—	—

Für das Aluminiumchlorid zeigen die Zahlen, dass bei einer Steigerung der Titrationsazidität, die durch die Menge der auf 100 ccm der Lösungen bei Anwendung von Phenolphthalein als Indikator verbrauchten 0.1-normalen Natronlauge angegeben ist, um das Hundertfache, die Wasserstoffionenkonzentration nicht einmal ganz um das Zehnfache zugenommen hat. Weiterhin lehren die Zahlen, dass der hydrolytische Zerfall des Aluminiumchlorids an sich nur gering ist. Aus den Wasserstoffzahlen und der Titrationsazidität, die uns die Gesamtmenge des Säurewasserstoffs angibt, die überhaupt bei vollständiger Hydrolyse entstehen könnte, berechnet sich, dass in der am stärksten hydrolytisch gespaltenen verdünnteren Lösung nur 3.3 ‰ des Salzes hydrolysiert sind, und dass der gespaltene Anteil mit der Konzentration abnehmend bei der 10 ‰ Aluminiumchlorid enthaltenden Lösung nur noch 0.2 ‰ beträgt.

In weit höherem Grade als das Aluminiumchlorid erliegt dann zwar, wie aus der Tabelle entnommen werden kann, das Eisenchlorid der hydrolytischen Spaltung. Bei fast gleicher Titrationsazidität, wie die der entsprechenden Aluminiumchloridlösung liegen die Wasserstoffzahlen ganz erheblich höher, als dort. In der verdünntesten Lösung ist die hydrolytische Spaltung des Salzes sogar fast vollkommen. Wahrscheinlich wird sich, das mag schon hier erwähnt werden, die Verschiedenheit im hydrolytischen Zerfall der Aluminium- und Eisensalze als Ursache der vorwiegenden Beteiligung des Aluminiumions am Ionenaustausch erweisen.

Die Azidität, die in einer Bodenlösung durch die „Neutralsalzzersetzung“ entstehen kann, ist also keineswegs so hoch, wie man früher unter dem Einfluss der älteren Auffassung dieses Vorganges annehmen musste. Infolgedessen sind wohl auch die Gefahren, die von der „Neutralsalzzersetzung“ für das Pflanzenwachstum zu erwarten sind, jetzt geringer zu veranschlagen, doch soll hierauf an dieser Stelle nicht näher eingegangen werden, weil diese Frage in einer besonderen Arbeit ausführlicher behandelt werden wird. Selbstverständlich ist es aber auch, dass, was den hier zur Diskussion stehenden Gegenstand angeht, — die Einwirkung der sauren Humuslösung auf den unter dem Humus liegenden Mineralboden — die aufschliessende Wirkung der durch „Neutralsalzzersetzung“ sauren Humuslösungen niedriger eingeschätzt werden musste, als es früher der Fall war.

Zur Prüfung dieser Schlussfolgerung auf ihre Richtigkeit wurden einige Versuche angestellt, und da nun bei den hier nachzunehmenden Verhältnissen in der Natur offenbar ausschliesslich recht verdünnte Neutralsalzlösungen auf den Rohhumus zur Einwirkung gelangen können, so wurde bei diesen Versuchen auch nur mit der geringen Konzentration von 1 ‰ gearbeitet. Als Neutralsalz wurde Kaliumchlorid angewandt. Im übrigen wurden die Versuche genau ausgeführt, wie die im vorausgehenden Abschnitt behandelten Sickerversuche; an Stelle des Wassers wurde eben nur die 1 ‰ Salz enthaltende Kaliumchloridlösung benutzt. Die Wasserstoffzahlen der abgelaufenen Lösungen, ihr Gehalt an organischen Stoffen und ihr Glührückstand in 100 ccm sind im folgenden zusammengestellt; des leichteren Vergleiches halber sind die Untersuchungsergebnisse der ersten fünf Abläufe des nur mit Wasser behandelten Rohhumus hier nochmals mit angeführt.

Tabelle III.

Ab- lauf	Wasserstoffzahl		Organ. Substanz		Glührückstand	
	H ₂ O	KCl	H ₂ O mgr	KCl mgr	H ₂ O mgr	KCl mgr
1.	3.7.10 ⁻⁵	2.6.10 ⁻⁴	57.9	69.3	19.2	111.4
2.	1.7.10 ⁻⁴	5.5.10 ⁻⁴	99.0	74.6	22.2	105.4
3.	2.4.10 ⁻⁴	1.5.10 ⁻⁴	86.0	108.8	18.0	81.6
4.	1.4.10 ⁻⁴	7.1.10 ⁻⁴	71.0	114.0	14.2	84.0
5.	2.1.10 ⁻⁴	6.4.10 ⁻⁴	78.5	91.8	13.5	97.0

Ein Vergleich der Wasserstoffzahlen bei der reinen Wasser- und der Kaliumchloridbehandlung zeigt, dass zumeist die Zahlen in der Kaliumchloridreihe höher sind, als beim reinen Wasser; erheblich ist der Unterschied allerdings nur bei der ersten Messung in beiden Reihen, was theoretisch auch durchaus erwartet werden musste. Man ersieht jedenfalls aus dem Versuch bereits, dass unter natürlichen Verhältnissen eine wesentliche Aziditätssteigerung der aus Rohhumusschichten abfließenden Lösungen durch den Ionenaustausch des Rohhumus mit Neutralsalzen nicht erwartet werden darf. Es ist zwar bei dem vorliegenden Versuche eine nur sehr verdünnte Salzlösung zur Anwendung gekommen, aber auch ohne weitere Untersuchungen wird man schon aus den Aziditätszahlen des Aluminiumchlorids den Schluss ziehen dürfen, dass auch selbst gehaltreicheren Neutralsalzlösungen keine wesentlich stärkeren Wirkungen in dieser Richtung zukommen werden, wenn deren Einwirkung unter natürlichen Verhältnissen — die Aziditätssteigerung unter dem Einfluss der Düngung scheidet hier noch vollkommen aus der Betrachtung aus — je einmal möglich sein sollte. Das ist aber kaum anzunehmen, denn in der Natur bildet die hauptsächlichste Quelle für die den Rohhumus durchsickernden Elektrolytlösungen die auf den Rohhumus gelangenden Pflanzenteile, also einmal die abgestorbenen Teile der auf dem Rohhumus vegetierenden Pflanzen und dann die Blätter der Sträucher und Bäume. Diese Pflanzenteile geben den grössten Teil ihrer Salze zwar sehr leicht, aber doch sicher nicht so plötzlich an durchsickerndes Wasser ab, dass es zur Bildung von konzentrierteren Lösungen kommen könnte. Dass denn auch tatsächlich von den aus den Blättern löslich werdenden Elektrolyten keine stärkeren Wirkungen auf die Azidität des Rohhumussickerwassers ausgeübt werden, als bei dem obigen Versuch mit der Kaliumchloridlösung, liess sich leicht durch einige Versuche beweisen.

Beim ersten Versuch wurden 200 g getrocknete und gemahlene Blätter durch 16stündiges Stehenlassen mit 2000 ccm Wasser ausgezogen. 200 ccm des Filtrates wirkten dann 1 Stunde lang auf 100 g Rohhumus und auf 100 g eines sauren Mineralbodens ein; in den Filtraten hiervon, ebenso in dem wässrigen Auszug der Blätter selbst wurden die Wasserstoffzahlen bestimmt.

	wässriger Auszug	nach Behandlung mit Rohhumus	nach Behandlung mit Mineralboden
Wasserstoffzahl . . .	$1.98 \cdot 10^{-6}$	$5.99 \cdot 10^{-5}$	$4.89 \cdot 10^{-5}$

Die Wasserstoffzahl des Blattextraktes war hiernach durch die Berührung sowohl mit Rohhumus als auch mit saurem Mineralboden deutlich, das eine Mal um das 24-fache, das andere Mal um das 30-fache erhöht; hinter der Wirkung des 1‰ Kaliumchlorid enthaltenden Wassers bleibt die Azidität des Blätterauszuges aber zurück.

Man könnte hier allerdings auch noch bei der Aziditätssteigerung des Blätterauszuges ausser an eine Wirkung von Neutralsalzen auch an eine Mitwirkung von hydrolytisch gespaltenen Salzen schwacher organischer Säuren denken, denn die Lösungen dieser Salze werden, wie schon aus den früheren Untersuchungen¹⁾ an Mineralböden, deren Ergebnisse auf die Austauschazidität bei den Humusstoffen in diesem Punkte unbedenklich übertragen werden können, hervorgeht, von den zum Austausch von Aluminium- und Eisenionen befähigten Stoffen unter Abspaltung freier Säuren, also ohne Ionenaustausch, zersetzt. Aus solchen Salzen freigewordener Säure könnte man also die Erhöhung der Azidität in den mit Rohhumus und saurem Mineralboden behandelten Blätterauszuge zuzuschreiben geneigt sein. Diese Deutung der oben angeführten Versuchsergebnisse ist aber doch nicht angängig. Denn einmal ist die Wasserstoffionenkonzentration solcher schwacher organischen Säuren an sich nur gering, dann aber wird sie auch noch obendrein durch die Anwesenheit des nicht zersetzten Anteils des organischen Salzes herabgesetzt,²⁾ so dass selbst bei ziemlich hohen Titrationsaziditäten, die in solchen Salzlösungen durch teilweises Freiwerden der Säure hervorgebracht werden können, nur wenig vom Neutralpunkt sich entfernende Wasserstoffzahlen darin gemessen werden. Auf eine Anführung von Beispielen für dieses Verhalten der freien organischen Säuren bei Gegenwart ihrer Salze mag hier verzichtet werden, weil in der nächsten Arbeit, die die Azidität von Hochmoorhumus behandeln wird, dieser Punkt noch ausführlichere Erörterung findet.

¹⁾ Die landw. Versuchs-Stationen Bd. 88, S. 61.

²⁾ L. MICHAELIS, Die Wasserstoffionenkonzentration, Berlin 1914, S. 16.

Übrigens zeigt bei dem hier in Frage stehenden Versuche auch der wässrige Blätterauszug ohne Behandlung mit Rohhumus oder saurem Mineralboden bereits eine Wasserstoffzahl, die den Neutralpunkt nach der sauren Seite hin überschreitet. Das wäre an sich nicht erstaunlich gewesen, wenn nicht die gemahlenden und durchfeuchteten Blätter selbst — sie bestanden aus einer Mischung von im Herbst aufgesammelten Blättern der Kastanie, Linde, Ulme und Buche — gegen Lackmuspapier neutral reagiert hätten.

Es lag daher die Annahme nahe, dass diese Azidität in dem Blätterauszuge bei dem 16 Stunden langen Stehen durch Zersetzungen, vielleicht infolge von Mikroorganismenwirkungen, entstanden sei. Ein frisch hergestellter Auszug, bei dem 200 g der gemahlenden Blätter mit 2000 ccm Wasser nur 4 Stunden lang geschüttelt wurden, lieferte bei der Messung von zwei Proben die Wasserstoffzahlen $8.1 \cdot 10^{-8}$ und $8.2 \cdot 10^{-8}$. Die Reaktion des frischen Auszuges war hiernach also so gut wie neutral, und die hohe Wasserstoffzahl des bei dem Versuche benutzten Auszuges war demzufolge mit Recht auf eine nachträglich ein getretene Zersetzung zurückzuführen.

Die schon oben gemachte Annahme, dass die aus den Blättern freiwerdenden Elektrolyte zu keiner wesentlichen Erhöhung der Azidität der aus einer Rohhumusschicht abfließenden Sickerwassermengen führen würden, erschien also schon durch den Schüttelversuch bestätigt. Weitere in gleicher Weise wie die früheren angestellten Sickerversuche sicherten die Schlussfolgerung. Diese Versuche wurden so ausgeführt, dass auf eine Rohhumusschicht von 20 cm Stärke, die sich in unten offenen Glasgefäßen befand, eine 10 cm starke Schicht der gemahlenden Blättern gebracht wurde; das Ganze wurde dann von oben derart bewässert, dass ein Teil des Wassers nach längerer Berührung mit den Blättern und nach dem Durchsickern der Rohhumusschicht abgelassen werden konnte. Nur drei im Abstände von drei zu drei Tagen nach jedesmaliger Ergänzung der abgelaufenen Lösungsmenge durch frisches Wasser gewonnene Sickerwassermengen wurden auf ihre Wasserstoffzahl untersucht, wobei sich die folgenden Zahlen ergaben:

1. Ablauf	$1.2 \cdot 10^{-5}$
2. „	$9.1 \cdot 10^{-5}$
3. „	$1.1 \cdot 10^{-4}$

Vergleicht man diese Zahlen mit denjenigen, die bei Verwendung reinen Wassers und ohne Bedeckung des Rohhumus mit Blättern gewonnen sind (Tabelle III), so muss man zugeben, dass eine Aziditätssteigerung unter dem Einfluss der Elektrolyte der Blätter nicht stattgefunden hat.

Die gesamten Versuche über die Neutralsalzzersetzung oder die Ionenaustauschazidität des Rohhumus führen also zu dem Schluss, dass von dieser Befähigung der Rohhumusablagerungen keine stärkere Aufschliessung des darunter lagernden Mineralbodens zu erwarten steht, denn die wahre Azidität der Sickerwässer ist mit und ohne Mitwirkung von Elektrolyten nicht wesentlich voneinander verschieden. Allerdings ist diese Schlussfolgerung nur dann vollkommen richtig, wenn man den Aziditätsgrad der Abläufe für allein ausschlaggebend hält. Es ist hier aber, was das angeht, die gleiche Einschränkung nötig, wie sie auf S. 64 und 65 gemacht wurde. Wenn nämlich, wie dort angedeutet, die Rohhumusextrakte an sich schon Tonerde und Eisenoxyd in austauschfähiger Form enthalten, so kann der Gehalt daran und damit die Wirkung dieser Auszüge auf Mineralböden durch die „Neutralsalzzersetzung“ gesteigert werden. Über diese Möglichkeit kann aber natürlich erst nach eingehenden weiteren Untersuchungen ein endgültiges Urteil gefällt werden.

Zusammenfassung der Ergebnisse.

1. Durch Prüfung verschiedener Mineralböden unter Rohhumusbedeckung wurde festgestellt, dass sie sämtlich die Eigenschaft der Azidität durch Ionenaustausch besaßen, so dass also auf die Einwirkung des Rohhumus auf den darunter liegenden Boden die Entstehung der Austauschazidität zurückgeführt werden musste.

2. Die Wirkung der Rohhumusbedeckung auf die Mineralböden, die zur Ausbildung der Austauschazidität führt, kann ihre Ursache haben in der Azidität der aus dem Rohhumus ablaufenden und die unter dem Rohhumus liegenden Bodenschichten durchsickernden sauren Humuslösung.

3. Die wahre Azidität dieser Rohhumuslösungen erreichte im höchsten Falle die Wasserstoffzahl $3.8 \cdot 10^{-4}$ in der künstlich konzentrierten Lösung; in natürlichen Lösungen wird sie niedriger sein und etwa 10^{-5} bis 10^{-4} betragen.

4. Die wahre Azidität der Humuslösungen stimmt annähernd überein mit der von Essigsäurelösungen gleicher Titrationsazidität; wie von der Essigsäure wird man daher auch von den Säuren der Humuslösung die Befähigung zur Bildung von Aluminium- und Eisensalzen und damit zur Hervorbringung der Austauschazidität der Mineralböden erwarten dürfen.

5. Bei neutralem Mineralboden konnten durch Behandlung mit Rohhumuslösungen die Erscheinungen der Austauschazidität hervorgerufen werden.

6. Die „Neutralsalzzersetzung“ durch Rohhumus erwies sich in der Hauptsache als der gleiche Vorgang, wie die Neutralsalzzersetzung bei den Mineralböden; sie beruht also auch beim Rohhumus auf dem Austausch von Aluminium- oder Eisenionen gegen die Metalleionen der Neutralsalzlösungen.

7. Die Befähigung zum Austausch dreiwertiger, der Hydrolyse unterliegender Ionen, die Austauschazidität, wird von manchen an der Rohhumusbildung beteiligten Pflanzenstoffen nicht erst bei der Humifizierung erworben, sondern ist schon eine Eigenschaft der wenig zersetzten Pflanzenstoffe. Es wurde darauf hingewiesen, dass diese Befähigung zum Ionenaustausch schon frischen Pflanzen eigentümlich ist.

8. Die Austauschazidität des Rohhumus führt unter natürlichen Verhältnissen, da es sich nicht dabei um die direkte Entstehung freier Säuren, sondern nur um die von hydrolytisch gespaltenen Salzen handelt, zu keiner nachweisbaren Erhöhung der wahren Azidität der Humuslösungen, so dass von einer Verstärkung ihrer Säurewirkung auf Mineralboden als Folge des Vorganges der „Neutralsalzzersetzung“ nicht mehr gesprochen werden kann.

9. Es wurde erörtert, dass die Wirkung der Rohhumuslösungen auf Mineralboden nicht nur in der Weise vor sich gehen kann, dass die zur Hervorrufung der Austauschazidität notwendige Auflösung von Aluminium- und Eisenoxyd im Boden selbst stattfindet, sondern wenn vielleicht auch nur zu einem Teil derart, dass die Stoffe bereits aus dem Rohhumus selbst aufgelöst werden und mit der Humuslösung in austauschfähiger Form in den Boden eindringen. .

10. Schliesslich wurde auch noch darauf hingewiesen, dass die „Neutralsalzzersetzung“ durch den Rohhumus vielleicht dadurch auf die Ausbildung der Austauschazidität von unter dem Rohhumus lagernden Böden fördernd wirken kann, dass sie Aluminium- und Eisenverbindungen in austauschfähiger Form in die Humuslösung hineinbringt.

— - —

Mitteilungen des Institutes für Agrikulturchemie und
Bakteriologie an der Kgl. Landw. Hochschule Berlin
sowie der landw. Versuchsstation für die Provinz
Brandenburg.

Untersuchungen über die Feststellung des Wirkungs-
wertes der Bodennährstoffe Phosphorsäure und Kali
durch den Vegetationsversuch und die Bestimmung
ihrer relativen Löslichkeit durch Säuren.

Von

O. LEMMERMANN, A. EINECKE und L. FRESENIUS.

Berichterstatter: O. LEMMERMANN.

(Hierzu Tafel I u. II.)

Inhalt: Allgemeine Bemerkungen über die Methodik der chemischen Bodenanalyse und der Vegetationsversuche S. 82. — Versuche über die Löslichkeit und den Wirkungswert der Bodenphosphorsäure. Besprechung der benutzten Methoden S. 82. — Die Vegetationsversuche 1914. Versuchsplan und Ausführung der Versuche S. 94. — Die Vegetationsversuche 1915 S. 98. — Besprechung der Versuchsergebnisse S. 101. — Prüfung der Einzelergebnisse S. 101. — Vergleich der durch die Bodenphosphorsäure erzielten Mehrerträge mit ihrer Löslichkeit in verschiedenen Reagentien S. 101. — Beziehungen der Löslichkeit der Bodenphosphorsäure in Reagentien zu den durch die Pflanzen aufgenommenen Phosphorsäuremengen S. 106. — Fortsetzung der Versuche mit anderen Böden S. 107. — Die benutzten analytischen Methoden S. 107. — Übersicht über die relative Löslichkeit der Phosphorsäure verschiedener Böden S. 108. — Beschreibung der angestellten Vegetationsversuche S. 110. — Besprechung der Versuchsergebnisse S. 115. — Versuche mit unvermischten Böden S. 117. — Versuche über die Löslichkeit und den Wirkungswert der Kaliverbindungen verschiedener Böden S. 123. — Besprechung der Versuchsergebnisse S. 134. — Prüfung der Einzelergebnisse S. 134. — Vergleich der relativen Löslichkeit des Bodenkalis und der durch das Bodenkali erzielten Mehrerträge S. 134. — Die Löslichkeit der Nährstoffe in schweren und leichten Böden S. 137. — Die Art der Nährstoffaufnahme aus Böden mit verschiedenem Nährstoffgehalt S. 141. — Zusammenfassung der wichtigeren Ergebnisse S. 144. — Schlussworte S. 144. — Tabellen S. 146. — Photographieen siehe Tafel I. und II.

Allgemeine Bemerkungen über die Methodik. In früheren Arbeiten hat der eine von uns wiederholt auf die mannigfachen Schwierigkeiten hingewiesen, die der Ermittlung des Düngungsbedürfnisses der Böden mit Hilfe der chemischen Bodenanalyse und des Vegetationsversuches entgegenstehen.

Bei dieser Gelegenheit¹⁾ wurde auch hervorgehoben, dass der verschiedene Fruchtbarkeitszustand der Böden, soweit er durch ihre physikalische Beschaffenheit bedingt wird, die Ermittlung der Assimilierbarkeit der Nährstoffe mit Hilfe des Vegetationsversuches stören könne. Denn es kann der Fall eintreten, dass bei gleichem Gehalt verschiedener Böden an assimilierbaren Nährstoffen, aber bei verschiedener physikalischer Beschaffenheit, die Pflanzen ganz verschieden grosse Nährstoffmengen aufnehmen, je nachdem die Ernte infolge der physikalischen Eigenschaften der Böden grösser oder geringer ausfällt.

Es erscheint dann also, als ob die Böden verschieden grosse Mengen von für die Pflanzen aufnehmbaren Nährstoffen enthalten hätten.

Unter solchen Umständen wird es natürlich schon aus diesem Grunde nicht möglich sein, bei Böden von so verschiedenem physikalischen Charakter, dass er die Höhe der Erträge beeinflussen kann, die Ergebnisse des Vegetationsversuches mit denen der Bodenanalyse in Einklang zu bringen.

Wenn man daher die Aufnahmefähigkeit der Nährstoffe verschiedener Böden durch die Pflanzen vergleichend studieren will, muss man den störenden Einfluss der verschiedenen physikalischen Beschaffenheit der Böden ausschalten, soweit es praktisch möglich ist.

Man kann das in der Weise tun, dass man die zu prüfenden Böden gleichsam auf gleichen Sandgehalt bringt, d. h. mit soviel Sand vermischt, dass der physikalische Charakter so gut wie gleich ist.

I. Versuche über die Löslichkeit und den Wirkungswert der Bodenphosphorsäure.

Besprechung der angewandten Methoden. Bei unseren Versuchen, die wir anstellten um die verschiedenen

¹⁾ Vergleiche: Landw. Jahrbücher 1901, S. 133. Landw. Versuchs-Stationen 1914, S. 147 sowie 1914, S. 345.

Löslichkeit der Bodenphosphorsäure in verschiedenen Böden durch die Pflanze zu studieren, verfahren wir so, dass wir den mit Sand gefüllten Gefässen gleiche Mengen von Bodenphosphorsäure einverleibten. Wir düngten also gleichsam den Sand mit der Bodenphosphorsäure und setzten ihre Wirkung weiter in Vergleich mit derjenigen von Dicalciumphosphat in verschiedenen hohen Gaben. Demnach gestaltete sich der Versuchsplan folgendermassen:

Wir liessen eine Gefässreihe ohne Düngung mit Phosphorsäure, eine andere Gefässreihe erhielt 0.183 bzw. 0.366 g P_2O_5 als Dicalciumphosphat, die übrigen Gefässreihen erhielten 0.183 g P_2O_5 in Form der verschiedenen zu untersuchenden Böden.

Um den Gefässen 0.183 g Bodenphosphorsäure zu geben, gebrauchten wir Bodenmengen, die zwischen 58.3 g und 351.0 g schwankten.

Im Verhältnis zu der Menge des Sandes, etwa 7,0 kg, treten die zugefügten Bodenmengen so sehr zurück, dass die physikalischen Eigenschaften der Bodengemische als annähernd gleich anzusehen sind.

Man kann also mit ziemlicher Sicherheit annehmen, dass die Erträge, die man auf so gedüngten Töpfen erzielt, lediglich bedingt werden durch die verschiedene Löslichkeit der Phosphorsäure der verschiedenen Böden, und dass der ursprüngliche physikalische Charakter des Bodens ganz ausgeschaltet ist.

Es ist also auch weiter möglich den auf diese Weise ermittelten Wirkungswert der pflanzenlöslichen Phosphorsäure ohne weiteres in Vergleich zu setzen mit der durch chemische Reagentien ermittelten Löslichkeit derselben, um zu beurteilen ob es möglich ist, die Wirkung der Bodenphosphorsäure analytisch zum Ausdruck zu bringen.

Es ist kaum nötig besonders zu betonen, dass es nicht zugänglich ist, aus solchen Versuchen das Düngungsbedürfnis der Böden in ihrem natürlichen Zustande abzuleiten. Das zu tun tag aber von vornherein nicht in unserer Absicht.

Wir wollten uns zunächst lediglich aus rein theoretischen Gründen Auskunft verschaffen über den Wirkungswert einiger Bodennährstoffe auf die Pflanzen, losgelöst von dem verschiedenen Charakter der Böden, sowie darüber, ob man diesen so ermittelten Wirkungswert analytisch zum Ausdruck bringen kann.

Des Vergleiches halber setzten wir einige weitere Versuchsreihen mit den Böden in ihrer ursprünglichen Beschaffenheit, also ohne Sandzusatz, an, wie sich aus dem Bericht über den Ausfall der Vegetationsversuche ergeben wird.

Um auf chemischem Wege einen Einblick in die Löslichkeitsverhältnisse der Bodennährstoffe zu gewinnen, bestimmten wir zunächst den Gesamtgehalt des Bodens an dem zu untersuchenden Nährstoff und stellten dann weiter die relative Löslichkeit des Nährstoffes fest.

Das geschah zumeist in der Weise, dass wir den Boden in weiter unten zu beschreibender Weise in Extraktionsgefässen mit bestimmten Mengen eines schwach wirkenden Lösungsmittels ständig auslaugten und bestimmten, welche Mengen innerhalb bestimmter Zeiten in Lösung gingen.

Von der Verwendung der Kohlensäure als Lösungsmittel, die wir bei anderen Versuchen auch angewandt haben, haben wir Abstand genommen, da wir und andere nachgewiesen haben, dass die Gründe, aus denen man geglaubt hat, sie erneut wieder in Vorschlag zu bringen, nicht stichhaltig sind.

Es ist nicht anzunehmen, dass die in mit Kohlensäure gesättigtem Wasser löslichen Salze eines Bodens das Maximum der den Pflanzen zur Verfügung stehenden Nährstoffmengen bilden, da es als feststehend anzusehen ist, dass auch die im Boden stets entstehenden organischen Säuren, sowie gewisse Salze, an der Lösung der Bodennährstoffe mitwirken und sehr wahrscheinlich auch organische Säuren, die von den Pflanzenwurzeln ausgeschieden werden.

Aus diesen und anderen Gründen nahmen wir die meisten unserer Lösungsversuche mit verdünnten Lösungen einer organischen Säure vor, deren Stärke sich zudem leichter bemessen lässt.

Soweit wir mit organischen Säuren arbeiteten, benutzten wir Zitronensäure, die sich bekanntlich in der agrikulturchemischen Praxis für andere Zwecke als Lösungsmittel bewährt hat.

Essigsäure ist als Lösungsmittel nicht zu gebrauchen, wenigstens dann nicht, wenn es sich um die Ermittlung der

Löslichkeit der Phosphorsäureverbindungen im Boden handelt, denn wir fanden bei einem Vergleiche verschiedener Lösungsmittel, dass beim längeren Einwirken der Essigsäure die Menge der gelösten Phosphorsäure in dem zur Untersuchung benutzten Boden nicht zu- sondern abnahm, wie nachstehender Versuch zeigt.¹⁾

Versuch über die Wirkung von Essigsäure und Zitronensäure auf die Löslichmachung der Phosphorsäureverbindungen eines Bodens.

Durch ein Gemisch von 800 g Boden (Dahlem B-Feld) und 200 g Sand liessen wir in entsprechenden Röhren je 3 l 1 %iger Essigsäurelösung bzw. 1 %iger Zitronensäurelösung durchtropfen. Die abgelaufene Flüssigkeit wurde immer wieder von neuem auf das Bodengemisch gegossen, so dass sie mehr als 10mal auf den Boden einwirkte.

In besonderen Versuchsreihen wurde die Phosphorsäure nach verschieden langer Einwirkung in je 2500 ccm der abgelaufenen Flüssigkeitsmenge bestimmt, wobei wir folgende Zahlen erhielten. Es gingen in Lösung:

	Lösungsmittel: Essigsäure	Lösungsmittel: Zitronensäure
Nach 4 × Durchlauf	33.0 mg P_2O_5	50 mg P_2O_5
6 × "	30.9 " "	52 " "
8 × "	28.5 " "	56 " "
10 × "	25.4 " "	—
bei noch längerer Einwirkung.	weitere Abnahme	weitere Zunahme

Die scheinbare Abnahme der Löslichkeit der Phosphorsäure bei längerer Einwirkung der Essigsäure dürfte darauf zurückzuführen sein, dass durch die allmählich in Lösung übergehenden Eisen- und Tonerdeverbindungen die Phosphorsäure wieder ausgefällt wird.

Ähnliche Beobachtungen sind, wenn wir nicht irren, bereits früher von GERLACH gemacht worden.

¹⁾ Vergleiche unsere Versuche: Landw. Versuchs-Stationen 1914, S. 357.

A. Die Löslichkeitsverhältnisse der Phosphorsäure in den benutzten Böden.

Allgemeine Charakteristik der benutzten Böden.

Zu den Versuchen wurden 5 Böden¹⁾ benutzt, die wir in den folgenden Darlegungen als B. 1, B. 5, B. 9, B. 11, B. 12 bezeichnen wollen.

B. 1 ist ein Boden aus Rodenkirchen bei Oldenburg. Der Boden besitzt einen tonigen Charakter und entstammt einer alten Ochsenweide, die seit 150 Jahren weder beackert noch gedüngt worden ist. Der Gehalt an abschlämmbaren Teilen beträgt 35.46 %.²⁾

B. 5 ist ein Boden aus Geest-Gottberg in der Altmark. Der Boden besitzt einen feinsandigen Charakter und stammt von einem Felde, das bisher noch nicht mit Phosphorsäure und Kali gedüngt sein soll. Der Gehalt an abschlämmbaren Teilen beträgt 29.68 %.

B. 9 stammt aus Standenbühl in der Pfalz. Formation Tonschiefer. Der Boden hat einen tonigen Charakter und stammt von einer Wiese, die bisher noch keine Kaliphosphatdüngung erhalten haben soll. Der Gehalt an abschlämmbaren Teilen beträgt 43.60 %.

B. 11 ist aus Nieder-Zwehren, Bezirk Cassel, bezogen. Formation Buntsandstein. Der Boden hat eine sandige Beschaffenheit und entstammt einem Waldstück, das mit Eichen bestanden ist und bisher noch keine Düngung empfangen hat. Der Gehalt an abschlämmbaren Teilen beträgt 25.00 %.

B. 12 stammt von unserem Versuchsfelde in Dahlem bei Berlin und ist ein leichter, schwach lehmiger Sandboden. Das Feld, dem die Probe entnommen wurde, hat seit 1910/11 keine Phosphatdüngung erhalten. Der Gehalt an abschlämmbaren Teilen beträgt 13.04 %.

¹⁾ Einige der bei diesen und anderen Versuchen benutzten Böden verdanken wir der gütigen Vermittlung einiger Herren Kollegen, denen wir an dieser Stelle unseren Dank erneut zum Ausdruck bringen möchten.

²⁾ Die Bestimmung der abschlämmbaren Teile geschah nach einem besonderen Verfahren. Die Zahlen besitzen nur Wert als Vergleichszahlen.

Versuch I. Der Gehalt der Böden an Gesamt-Phosphorsäure.

Die Bestimmung der Gesamt-Phosphorsäure wurde derart ausgeführt, dass 10 g des fein zerriebenen und gebeutelten Bodens mit 20 ccm konzentrierter Salpetersäure und 50 ccm konzentrierter Schwefelsäure eine Stunde lang gekocht wurden. Eine äquivalente Menge, entsprechend 5 g Boden, wurde zur Analyse verwendet. Die Phosphorsäure wurde als Ammoniumphosphormolybdat gefällt und gewogen. Es wurde an Gesamtphosphorsäure gefunden:

B. 1. Rodenkirchen . . .	a	0.01612 g P_2O_5	
	b	0.01521 " "	
		<hr/>	
		Mittel 0.01567 g P_2O_5	entsprechend 0.313 % P_2O_5 .
B. 5. Geest-Gottberg. . .	a	0.00509 g P_2O_5	
	b	0.00440 " "	
		<hr/>	
		Mittel 0.00475 g P_2O_5	entsprechend 0.095 % P_2O_5 .
B. 9. Standenbühl. . . .	a	0.00310 g P_2O_5	= 0.062 % P_2O_5
	b	0.00503 " "	= 0.100 " "
		<hr/>	
		Mittel 0.00406 g P_2O_5	entsprechend 0.081 % P_2O_5 .
B. 11. Nieder-Zwehren . .	a	0.00282 g P_2O_5	
	b	0.00242 " "	
		<hr/>	
		Mittel 0.00262 " P_2O_5	entsprechend 0.052 % P_2O_5 .
B. 12. Dahlem	a	0.00331 g P_2O_5	= 0.066 % P_2O_5
	b	0.00442 " "	= 0.088 " "
		<hr/>	
		Mittel 0.00387 g P_2O_5	entsprechend 0.077 % P_2O_5 .

Die Einzelergebnisse stimmen nicht immer, so bei B. 9. und B. 12., in befriedigender Weise untereinander. Infolge Einberufung des betreffenden Analytikers konnten die Analysen erst später nachgeprüft werden.

Die Nachprüfungen ergaben folgende Werte für

B. 9	0.0866 % — 0.0898 % — 0.0810 %	P_2O_5
" 12	0.0690 " — 0.0692 " — 0.0688 " "	
" 5	0.0938 " — 0.096 " — 0.094 " "	

Ein dritter Analytiker fand:

B. 9	0.1025 + 0.1122 %	P_2O_5
" 12	0.0700 — 0.0692 " "	
" 5	0.089 %	P_2O_5

Wir haben die anfänglich gefundenen Zahlen unseren späteren Berechnungen zugrunde gelegt. Bei Boden 9 ist bei der Nachprüfung sowohl der höhere wie niedere Wert wieder gefunden. Wir werden später zeigen (vergl. S. 102), dass der abweichende Befund für die Deutung der Versuchsergebnisse ohne Einfluss ist.

Versuch II. Die in 10 %iger Salzsäure löslichen Phosphorsäuremengen.

Die in 10 %iger Salzsäure lösliche Phosphorsäure wurde in der Weise bestimmt, dass wir, entsprechend den Vereinbarungen des Verbandes der landw. Versuchsstationen, auf 1 Teil Boden 2 Teile Salzsäure 3 Stunden auf kochendem Wasserbade einwirken liessen. Aus den verschiedenen Böden gingen folgende Mengen in Lösung:

B. 1. (Rodenkirchen).	a	0.05107 g P_2O_5	
	b	0.05369 " "	
	Mittel	0.05238 g P_2O_5	entsprechend 0.262 % P_2O_5 .
B. 5. (Geest-Gottberg)	a	0.01685 g P_2O_5	
	b	0.01696 " "	
	Mittel	0.01690 g P_2O_5	entsprechend 0.085 % P_2O_5 .
B. 9. (Standenbühl)	a	0.0115 g P_2O_5	
	b	0.0115 " "	
	Mittel	0.0115 g P_2O_5	entsprechend 0.057 % P_2O_5 .
B. 11. (Nieder-Zwehren)	a	0.01109 g P_2O_5	
	b	0.00956 " "	
	Mittel	0.01032 g P_2O_5	entsprechend 0.052 % P_2O_5 .
B. 12. (Dahlem)	a	0.01179 g P_2O_5	
	b	0.01218 " "	
	Mittel	0.01198 g P_2O_5	entsprechend 0.060 % P_2O_5 .

Versuch III. Die in 1 %iger Zitronensäure löslichen Phosphorsäuremengen.

Um die in 1 %iger Zitronensäure löslichen Phosphorsäuremengen zu bestimmen, wandten wir das Verfahren der kontinuierlichen Extraktion an, das wir bereits früher empfohlen haben.

Auch MITSCHERLICH erkennt dieses Verfahren der fortwährenden Auslaugung der Böden als das theoretisch beste an, meint jedoch, es wäre praktisch wegen der ihm anhaftenden Schwierigkeiten nicht durchzuführen.

Wir haben diese Schwierigkeiten dadurch überwunden, dass wir unsere Böden vor der Auslaugung mit Sand vermengten.

Bei dem Charakter unserer Böden genügte es, um ein gleichmässiges Durchtropfen zu erzielen, wenn wir den Böden gleiche Mengen Glassand zumischten.

Das Verfahren gestaltete sich nach mancherlei Versuchen so:

In zylindrische Glasgefässe, die am unteren Ende mit einem Glashahn versehen waren, wurde eine Mischung von 500 g Boden mit 500 g reinen Glassand so eingefüllt, dass darin zunächst eine Lage Glaswolle, dann eine Schicht Glasperlen, darauf ein Blatt Filtrierpapier und dann die Bodenmischung zu liegen kam. An dem Glashahn war mit Hilfe eines kleinen Schlauches eine feine Glasspitze befestigt. Der Zufluss der 1 %igen Zitronensäurelösung wurde so geleitet, dass immer eine ca. drei Finger hohe Schicht über dem Boden stand, um ein Austrocknen und Rissigwerden der Oberfläche zu verhüten. Die konstante Höhe dieser Flüssigkeitsschicht war durch eine besondere Anordnung des Zuflussgefässes für das Lösungsmittel, das alle Gefässe (je 2 Kontrollgefässe für jeden Boden) speiste, und eines Röhrensystemes gewährleistet.

Die Durchtropfgeschwindigkeit wurde so gewählt, dass in ca. 40—48 Stunden 3 Liter Flüssigkeit durchtropften. Im ganzen wurden pro Gefäss 30 l 1 %ige Zitronensäurelösung durchtropfen gelassen. Diese Menge wurde in 10 Einzelfractionen zu je 3 l aufgefangen und jedesmal die in Lösung gegangenen P_2O_5 -Mengen bestimmt.

Die Durchlaufzeit bei allen Gefässen gleich zu gestalten, ist ziemlich schwierig. Ein möglichst ausgedehntes Überwachen der gesamten Apparatur und öfteres Regulieren der Glashähne ist unbedingt nötig.

Die Parallelgefässe ergaben recht gut übereinstimmende Zahlen, ein Beweis, dass das Verfahren gut funktionierte.

Eine wesentliche Vereinfachung würde es bedeuten, wenn man das Abtropfen durch periodisches Öffnen und Schliessen der Ablasshähne mechanisch regulieren würde.

Die Temperatur wurde während der Versuche möglichst gleich gehalten.

Bevor wir die Versuche anstellten, stellten wir fest, inwieweit 3 Liter Flüssigkeiten ausreichen, um lösliche Substanzen auszuwaschen, wenn man erstere langsam durch Sand durchtropfen lässt. Zu diesem Zweck füllten wir 1500 g Sand, dem wir 2 g Kochsalz in fester Form — enthaltend 1.215 g Cl — zugesetzt hatten, in unsere Extraktionsgefässe und liessen dreimal langsam je 3 Liter Wasser durchtropfen.

Die Bestimmung des Chlors ergab, dass enthalten waren

in den ersten 3 l	1.213 g Cl
" " zweiten 3 l	0.008 " "
" " dritten 3 l	0.007 " "

Also schon in dem ersten Ablauf war das zugesetzte Chlornatrium fast völlig enthalten.

Die Bestimmung der Phosphorsäure ergab folgende Ergebnisse:

Bestimmung der in 1%iger Zitronensäure löslichen Phosphorsäure¹⁾

	B. 1 mg P_2O_5	B. 5 mg P_2O_5	B. 9 mg P_2O_5	B. 11 mg P_2O_5	B. 12 mg P_2O_5
1. Fraktion	a 80.6	a 7.0	a 11.6	a 11.1	a 24.9
2. Fraktion	a 50.1 b 49.3 Mittel 49.7	a 4.8	a 6.5	a 4.3	a 6.7 b 6.1 Mittel 6.4
3. Fraktion	a 24.9 b 29.9 Mittel 27.4	a 4.0	a 4.0	a 3.2	a 2.9 b 3.5 Mittel 3.2
4. Fraktion	a 22.2 b 22.1 Mittel 22.15	a 4.5	a 3.5	a 3.6	a 3.4 b 3.0 Mittel 3.2
5. Fraktion	a 14.2 b 12.8 Mittel 13.5	a 3.2	a 2.7	—	a 1.9 b 2.3 Mittel 2.1
6. Fraktion	a 8.2 b 8.3 Mittel 8.25	a 2.8	a 3.1	a 2.1	a 1.6 b 1.7 Mittel 1.65
7. Fraktion	a 6.4 b 6.6 Mittel 6.5	a 2.9	a 3.5	a 2.1	a 1.5 b 1.5 Mittel 1.5
8. Fraktion	a 4.2	a 2.3	a 2.6	a 1.9	a 1.4
9. Fraktion	a 2.6	a 2.0	a 2.1	a 1.2	a 1.0
10. Fraktion	a 2.1	a 2.0	a 2.4	a 0.9	a 0.9

¹⁾ Die Vergleichsbestimmungen wurden nicht in allen Fällen durchgeführt, weil die Erfahrung uns gelehrt hatte, dass die Zahlen stets stimmten, da die Analysen sämtlich von einem sehr geübten und zuverlässigen Analytiker ausgeführt wurden. Schwierigkeiten hat uns in einigen Fällen nur die Bestimmung der Gesamt-Phosphorsäure gemacht.

In Prozenten der Gesamt-Phosphorsäure
ausgedrückt, ergeben sich folgende Werte für die relative Löslichkeit:

	B. 1	B. 5	B. 9	B. 11	B. 12
1. Fraktion	a 26.0	a 7	a 14	a 21	a 32
2. Fraktion	a 16 b 15.8 Mittel 15.9	a 5	a 8	a 8	a 8 b 8 Mittel 8
3. Fraktion	a 8 b 10 Mittel 9	a 4	a 5	a 6	a 4 b 5 Mittel 4.5
4. Fraktion	a 7 b 7 Mittel 7	a 5	a 4	a 7	a 4 b 4 Mittel 4
5. Fraktion	a 5 b 4 Mittel 4.5	a 3	a 3	—	a 3 b 3 Mittel 3
6. Fraktion	a 3 b 3 Mittel 3	a 3	a 4	a 4	a 2 b 2 Mittel 2
7. Fraktion	a 2 b 2 Mittel 2	a 3	a 4	a 4	a 2 b 2 Mittel 2
8. Fraktion	a 1	a 2	a 3	a 3	a 2
9. Fraktion	a 0.7	a 2	a 2	a 2	a 1
10. Fraktion	a 0.6	a 2	a 2	a 2	a 1

Bei diesem Versuch waren gleiche Bodenmengen, aber ungleiche P_2O_5 -Mengen mit gleich grossen Mengen Lösungsmittel behandelt worden.

Versuch IV.

Ein weiterer Versuch wurde so angesetzt, dass gleiche Mengen Gesamt- P_2O_5 der Einwirkung gleicher Mengen Lösungsmittel ausgesetzt wurden.

Die Ausführung des Versuches war im übrigen genau dieselbe wie bei Versuch III.

Eine je 313 mg P_2O_5 entsprechende Bodenmenge der in Frage kommenden 5 Böden wurde mit der gleichen Menge reinen Glassand vermischt und dann in den Extraktionsgefäßen der Einwirkung 1%iger Zitronensäure ausgesetzt wie bei dem vorherigen Versuch.

Da die Abnahme in der Löslichkeit der P_2O_5 des Bodens sich hauptsächlich in den ersten Fraktionen zeigt, so wurde diesmal darauf verzichtet, 10 Fraktionen zu sammeln, sondern nur die 1., 2., 3. und 5. Fraktion auf ihren Gehalt an P_2O_5 untersucht.

Der Versuchsplan war also folgender:

Von B. 1	wurden 100 g Boden	+ 100 g Sand
" B. 5	" 329 4	" + 329 4 " "
" B. 9	" 386 3	" + 386 3 " "
" B. 11	" 601 8	" + 601 8 " "
" B. 12	" 406 4	" + 406 4 " "

in den Extraktionsgefäßen mit 1%iger Zitronensäure „durchtropft“ und Fraktionen zu je 3 l aufgefangen. Von diesen Fraktionen wurde die I., II, III. und V. auf ihren P_2O_5 -Gehalt untersucht.

Von 100 mg Gesamt- P_2O_5 waren in Lösung gegangen:

	B. 1	B. 5	B. 9	B. 11	B. 12
1. Fraktion P_2O_5 in mg	a 48.1 b 47.4 Mittel 47.8	a 12.1 b 10.7 Mittel 11.4	a 15.3 b 16.1 Mittel 15.7	a 23.2 b 22.6 Mittel 22.9	a 40.0 b 38.7 Mittel 39.3
2. Fraktion	a 10.8 b 11.6 Mittel 11.2	a 6.6 b 6.5 Mittel 6.6	a 6.4 b 6.6 Mittel 6.5	a 8.1 b 9.2 Mittel 8.7	a 6.4
3. Fraktion	a 3.2 b 4.2 Mittel 3.7	a 4.0 b 4.4 Mittel 4.2	a 3.7 b 3.6 Mittel 3.7	a 6.0 b 5.5 Mittel 5.8	a 2.7 b 2.5 Mittel 2.6
4. Fraktion (war unbrauchbar)	—	—	—	—	—
5. Fraktion	a 1.5 b 1.6 Mittel 1.6	a 3.4 b 3.6 Mittel 3.5	a 4.1 b 4.1 Mittel 4.1	a 4.5 b 4.4 Mittel 4.5	a 1.7 b 1.8 Mittel 1.8
Zusammen:	64.3	25.7	30.0	41.9	50.1

Bei diesen beiden Versuchen war als Extraktionsmittel 1%ige Zitronensäure angewendet worden. Es wurde nun versucht, in Anlehnung an die Versuche von v. SIGMOND, die Extraktion mit sehr verdünnter Salpetersäure zu bewerkstelligen.

Versuch V. Die in verdünnter Salpetersäure löslichen Phosphorsäuremengen.

Um diesen Versuch hinsichtlich der Verteilung der Phosphorsäure im Sande dem Vegetationsversuch noch ähnlicher zu gestalten, wurde die Erde nicht mit der gleichen Menge Sand vermengt, sondern die jeweiligen, 313 mg P_2O_5 entsprechenden, Erdmengen wurden mit soviel Sand vermengt, dass das Gesamtgewicht der Mischung 1200 betrug.

Es wurden also

von B. 1	100	g Boden	+ 1100	g Sand
" B. 5	329.4	"	" + 870.6	" "
" B. 9	386.3	"	" + 813.7	" "
" B. 11	601.8	"	" + 598.2	" "
" B. 12	406.4	"	" + 793.6	" "

in den Extraktionsgefäßen mit verdünnter HNO_3 (1 g N_2O_5 auf 1 l Flüssigkeit) „durchtropft“ und die ersten 3 l des Filtrates auf ihren P_2O_5 -Gehalt untersucht. Es ergab sich, dass von 100 mg Gesamt- P_2O_5 in Lösung gegangen waren bei

B. 1	B. 5	B. 9	B. 11	B. 12
0.0022	0.0004	0.0015	0.0010	0.0170 g P_2O_5
= 2.2	0.4	1.5	1.0	17 mg P_2O_5

Versuch VI.

Ferner wurden die 5 in Frage stehenden Böden zum Vergleich mit den bei Versuch V erhaltenen Zahlen nach der Original-Methode von v. SIGMOND resp. PETIT-TOLLENS untersucht. Es ergab sich:

Boden Nummer	Basizität mg N_2O_5	Endazidität mg N_2O_5	Aus 100 g Boden gelöst g P_2O_5	Löslichkeit bezogen auf Gesamt- P_2O_5 beträgt:
B. 1	335	551	0.0033 =	1 %
" 5	288	618	0.0014 =	1.5 "
" 9	261	710	0.0020 =	2.5 "
" 11	180	830	0.0018 =	3.5 "
" 12	167	835	0.0141 =	18.3 "

Versuch VII. Bestimmung der Phosphorsäure durch Ausschütteln mit 1 % Zitronensäure nach der Methode Berju.

Boden: B. 1, B. 5, B. 9, B. 11, B. 12.

80 g Boden wurden mit 800 ccm einer 1 %igen Zitronensäure am ersten Tage 6 Stunden, am zweiten Tage 2 Stunden geschüttelt. Nach dem Abfiltrieren im Filtrat P_2O_5 bestimmt.

Aus 100 g Boden gingen in Lösung:

Rodenkirchen B. 1	a 71 b 66	}	69 mg = 22.05 % der Gesamt- P_2O_5
Geest-Gottberg B. 5	a 7.3 b 6.7	}	7 mg = 7.37 % der Gesamt- P_2O_5
Standenbühl B. 9	a 7.8 b 7.0	}	7 mg = 8.64 % der Gesamt- P_2O_5
Nieder-Zwehren B. 11	a 5.5 b 5.0	}	5 mg = 9.62 % der Gesamt- P_2O_5
Dahlem B. 12.	a 28 b 28	}	28 mg = 36.36 % der Gesamt- P_2O_5

B. Die Vegetationsversuche.

Versuche des Jahres 1914.

Um die Aufnahmefähigkeit der Bodenphosphorsäure durch die Pflanzen zu ermitteln, wurden die Pflanzen aus den früher angegebenen Gründen also nicht in den unvermischten Böden gezogen, sondern in einem Sand-Bodengemisch, das so hergestellt war, dass in demselben die gleiche Phosphorsäuremenge in Form der verschiedenen Böden vorhanden war.

Die Versuche wurden so angelegt, dass in den Vegetationsgefäßen, die 7.3 kg Boden bzw. Sand fassten, den Pflanzen 0.183 g Phosphorsäure (= 0.025 g pro 1 kg Sand) zur Verfügung gestellt wurde.

Einer solchen Phosphorsäuremenge entsprachen von dem

B. 9 (Standenbühl)	mit 0.081 % Gesamt- P_2O_5	225.3 g
„ 1 (Rodenkirchen)	0.313 „ „	58.3 „
„ 5 (Geest-Gottberg)	0.095 „ „	192.1 „
„ 11 (Nieder-Zwehren) „	0.052 „ „	351.0 „
„ 12 (Dahlem)	0.077 „ „	237.0 „

Diesen Bodenmengen wurde so viel Glassand zugesetzt, dass die Gesamtmenge der Mischung 7.3 kg betrug. Ausserdem wurden noch 3 andere Versuchsreihen angesetzt, bei denen die Füllung der Gefäße nur aus 7.3 kg Sand bestand. Diese Gefäß-

reihen blieben z. T. ohne Phosphorsäuredüngung, z. T. erhielten sie 0.183 bzw. 0.366 g P_2O_5 für das Gefäß (und zwar in Form von Ammoniumbiphosphat). Jeder Versuch wurde vierfach angesetzt.

Der Versuchsplan war demnach folgendermassen:

Nummer der Gefässe	Inhalt der Gefässe	Phosphorsäuredüngung
477—480	7300 g Glassand	ohne P_2O_5
481—484	7300 " "	0.183 g P_2O_5
485—488	7300 " "	0.366 " "
489—492	7074.7 + 225.3 g B. 9 Ständenbühl . .	0.183 " "
493—496	7241.7 + 58.3 " " 1 Rodenkirchen . .	0.183 " "
497—500	7107.9 + 192.1 " " 5 Geest-Gottberg . .	0.183 " "
502—505	6949.0 + 351 " " 11 Nieder-Zwehren . .	0.183 " "
506—509	7063.0 + 237 " " 12 Dahlem	0.183 " "

Als Grunddüngung war für alle Gefässe ursprünglich in Anlehnung an die Angaben HELLRIEGELS (Arbeiten der D. L.-G. Nr. 34, S. 45), auf 1 kg Sand bzw. Sand-Erde-Gemisch vorgesehen:

- 0.1225 g N in Form von Calciumnitrat,
- 0.125 " K_2O in Form eines Gemisches gleicher Teile Kali in Form von KCl und K_2SO_4 ,
- 0.025 " MgO in Form von Magnesiumsulfat,
- 0.100 " Fe in Form von frisch gefälltem Eisenhydroxyd,
- 1.000 " $CaCO_3$ und

als Differenzdüngung für die Gefässe 481—488

0.025 g P_2O_5 }
bzw. 0.050 " " } in Form von Ammoniumbiphosphat.

Der Stickstoffgehalt der Differenzdüngung wurde bei der Bemessung der Gründüngung berücksichtigt, d. h. es wurden den Gefässen 481—488 entsprechend geringere N-Mengen in Form von Calciumnitrat gegeben.

Die Füllung und Düngung der Gefässe geschah folgendermassen.

Von dem Glassand bzw. dem Sand-Boden-Gemisch wurden je 6.3 kg in einer emaillierten Schüssel zunächst mit der ganzen Menge des kohlensauen Kalkes vermischt und alsdann das Eisen als Aufschlämmung ebenfalls in voller Menge gegeben. Nachdem auch dieses gut mit dem Sand bzw. Sand-Boden-Gemisch vermengt war, wurde die Hälfte der vorgesehenen Kali-, sowie

Stickstoff- und Magnesium-Gabe in Form von Lösungen den 6.3 kg zugefügt und sorgsam gemischt. Die Gefässe 481—488 erhielten ausserdem noch 0.183 g Phosphorsäure als Ammoniumbiphosphatlösung.

Der so gedüngte Boden wurde in die auf gleiches Gewicht gebrachten Versuchsgefässe, die zudem eine Kiesschicht enthielten, locker eingefüllt und obenauf das zurückgestellte Kilo des Sand-bezw. Sand-Boden-Gemisches als „Saatbett“ gegeben.

Alsdann wurden den Gefässen je 600 ccm Wasser teils von oben, teils von unten zugegeben. Die Füllung und Düngung der Gefässe geschah am 6. April 1914. Als Versuchsgefässe benutzten wir Glasgefässe, die wir zum Schutze gegen Zertrümmerung, sowie gegen Sonnenbestrahlung in unsere Vegetationsgefässe aus Zinkblech setzten. Zwischen Glasgefäss und Zinkgefäss blieb ein kleiner Zwischenraum, der zugleich als Isolierschicht wirkte. Die Glasgefässe enthielten, wie schon erwähnt, die übliche Kiesschicht und ausserdem noch 2 Durchlüftungsröhren. Die Glasgefässe, die bequem 7.3 kg Sand fassten, waren 27 cm hoch und besaßen einen Durchmesser von 17 cm. Die zur Bepflanzung zur Verfügung stehende Oberfläche betrug demnach 227 qcm.

Die Einsaat fand am 7. April 1914 statt, und zwar wurden in jedes Gefäss 1 g italienisches Raigras gesät. Die Saat lief am 17./18. April auf.

Der Wassergehalt der Gefässe wurde durch regelmässiges Wägen und Giessen möglichst auf 60 % der wasserhaltenden Kraft des Gefässinhaltes gehalten.

Die zweite Phosphorsäuregabe = 0.183 g P_2O_5 wurde den Gefässen Nr. 485—488 am 30. April gegeben.

Von der zweiten Gabe der Kali-, Stickstoff- und Magnesiälösung haben wir Abstand genommen, da wir bei gleichzeitig angestellten anderen Versuchen eine schädliche Wirkung der Nachdüngung beobachtet hatten.

Hinsichtlich der Düngungsverhältnisse wäre sonst nur noch zu bemerken, dass infolge des Unterlassens der beabsichtigten Nachdüngung der Gefässe mit der zweiten Gabe Stickstoff, Kali und Magnesia der Stickstoffgehalt der mit Phosphorsäure gedüngten Gefässe etwas grösser geworden als die Stickstoffgabe der übrigen Gefässe.

Die Ergebnisse der Gefässreihen 481—488 können daher nicht unmittelbar in Vergleich gesetzt werden mit denjenigen der übrigen Versuchsreihen.

Das ist aber auch für den durch die vorliegenden Versuche verfolgten Zweck nicht nötig, so dass die erwähnten Abweichungen der N-Düngungen den eigentlichen Versuchszweck nicht weiter stören.

Vegetationsnotizen.

Einsaat: 7. April. Am 17./18. April liefen die Saaten auf. 28. Mai. Gefässe stehen ohne Ausnahme gut; Unterschiede in den Düngungen werden deutlich sichtbar.

Reihe 477—480 „ohne P“ bleibt zusehends zurück. Die Pflänzchen zeigen das bekannte Aussehen des P-mangels.

Reihe 485—488 mit 0.366 g P_2O_5 zeigt im Vergleich zu Reihe 481—484 mit 0.183 P_2O_5 -Düngung keinen besseren Stand, sie scheint eher etwas geringer entwickelt zu sein.

Reihe 493—496 (Rodenkirchen) und 506/509 (Dahlem) stehen sichtlich besser wie die übrigen Reihen 489—492 (Standenbühl), 497—500 (Geest-Gottberg), 502—505 (Ndr.-Zwehren).

8. Juni. Photographiert.

22. Juni. Pflanzen zeigen normales Aussehen, die Unterschiede sind dieselben wie bisher geblieben.

4. September. Die Wüchsigkeit der Pflanzen hat bedeutend nachgelassen.

Die Reihen 493/496 und 497/500 stehen ziemlich gut. Nr. 503 zeigt Schädigungen, deren Ursache nicht bekannt ist.

Ernten: Es wurden drei Schnitte genommen und getrennt aufbewahrt: Erster Schnitt am 9. Juni. Zweiter Schnitt am 31. Juli. Dritter Schnitt am 15. September. —

Im Anschluss an diese Versuche und zu gleicher Zeit mit ihnen wurden noch einige Versuchsreihen angesetzt, in denen die Gefässe verschiedene Mengen des Dahlem-Bodens enthielten, und zwar folgende:

Gefäss Nr.	510—511	enthielten	5000 g Dahlem-Boden	+	2.3 kg Sand	=	7.3 kg
" "	512—513	"	3000 "	"	+ 4.3 "	"	= 7.3 "
" "	514—515	"	2000 "	"	+ 5.3 "	"	= 7.3 "
" "	516—517	"	1000 "	"	+ 6.3 "	"	= 7.3 "

Die Gefässgrösse, Füllung, Düngung, Einsaat waren dieselbe wie bei den soeben beschriebenen Versuchsreihen. Während der

Entwicklung der Pflanzen, die auf allen Gefässen normal verlief, zeigten sich keine bemerkenswerten Erscheinungen mit Ausnahme derjenigen, dass auf den Töpfen 516/517 die Pflanzen etwas zurückblieben gegen die Reihe 510/511.

Durch diesen Versuch wollten wir versuchen festzustellen, welche Erdmenge genügt, um dieselben Erträge zu erzielen, wie in den Gefässen 481/488 durch die Phosphorsäuredüngung mit den leicht löslichen Salzen, um so eventl. Einblick in das Düngungsbedürfnis des Bodens zu gewinnen.

Versuche des Jahres 1915.

Im Jahre 1915 wurden die Versuche in denselben Gefässen fortgesetzt, die während des Winters im Vegetationshause, gegen Regen geschützt, aufbewahrt worden waren. Die Gefässe wurden im Herbst 1914 aufgelockert, die Grasnarbe zerschnitten und untergebracht. Nach der Einebnung der Oberfläche im Frühjahr 1915 fand die Einsaat mit italienischem Raigras am 21. April statt.

Düngung: Eine Wiederholung der Düngung fand zunächst nicht statt; später wurde wiederholt eine Kopfdüngung in folgender Weise gegeben.

Alle Gefässe erhielten am:

20. Mai als Kopfdüngung . .	0.1 g K_2O als K_2SO_4
	0.2 " N " $Ca(NO_3)_2$
11. Juni als Kopfdüngung . .	0.2 " " "
16. Juli " " " . .	0.1 " K_2O " K_2SO_4
	0.2 " N " $Ca(NO_3)_2$

Alles weitere zeigen folgende

Vegetationsnotizen.

Einsaat: 2 g ital. Raigras am 21. April 1915; aufgelaufen vom 31. April zum 1. Mai.

2. Mai. Die Pflänzchen stehen gut; die Gefässe zeigen einen gleichmässigen Bestand.

12. Mai. Unterschiede im Bestande oder dem Aussehen der Pflanzen sind nicht zu bemerken.

19. Mai. Es machen sich im Pflanzenbestande folgende Unterschiede bemerkbar:

Gefäss 477—480 (ohne P): die Farbe ist auffallend dunkel, saftig grün; die Pflänzchen sind sehr kräftig. Die

Gefässe machen den Eindruck, als wenn sie eine frische Düngung erhalten hätten.

Gefäss 481—488 (mit P_2O_5 als $[NH_4]_2HPO_4$ einfach und doppelt 1914 gedüngt): Der Pflanzenbestand erscheint sichtlich dünner und die Farbe deutlich heller wie bei ohne P (477—480).

Der Unterschied zwischen den Gefässreihen 477—480 und 481—488 fiel jedem Beobachter ohne weiteres auf.¹⁾

Gefäss 493—496 (Rodenkirchen): Pflänzchen bleiben sichtlich zurück, bekommen gelbliche Spitzen.

Gefäss 502—505 (Nieder-Zwehren): Bestand ist kräftig; Farbe auffallend dunkelgrün. Diese Reihe gleicht im Bestand und Aussehen der Pflanzen der Reihe ohne P-Düngung Nr. 477—480!

Gefäss 510—511 (Dahlem 5000 g). Die Pflänzchen sind unter allen Reihen 477—517 die grössten.

20. Mai. Nachdüngung: 0.1 g K_2O als K_2SO_4 und 0.2 g N als $Ca(NO_3)_2$.

11. Juni. Nachdüngung: 0.2 g N als $Ca(NO_3)_2$.

17. Juni. Die Pflanzen haben sich nach den Kopfdüngungen sichtlich erholt. Unterschiede zwischen den verschiedenen Reihen beginnen sich wieder auszuprägen.

Gefässe 477—480 (ohne P) zeigen jetzt deutlichen P-mangel durch Bildung vieler rotgelber Blätter und bleiben zurück. Die Blättchen rollen sich pfriemenartig zusammen. —

Gefässe 485—488 (0.366 g P) sind besser wie 481—484 (0.183 g P). (Anfangs wars umgekehrt!)

Beginnender P-mangel macht sich bei den Gefässen 489—492 und 502—505 (Nieder-Zwehren) bemerkbar.

Am besten stehen jetzt die Reihen mit doppelter Phosphorsäuredüngung sowie die Reihe 493—496 (Rodenkirchen).

Auf den Gefässen 510—517 sind die Pflänzchen überall sehr üppig entwickelt. In der Grösse sind die Pflänzchen der Gefässe 510/511 am weitesten vorgeschritten, die von 516/517 sind am niedrigsten. —

23. Juni. Photographiert.

¹⁾ Dieselbe Beobachtung haben wir wiederholt auch bei unseren Kali-versuchen gemacht.

25. Juni. Die Pflanzen lassen immer stärker die Anzeichen für zunehmenden Phosphorsäuremangel erkennen. Die meisten Blätter werden bräunlich und sterben allmählich ab.

29. Juni. I. Schnitt.

16. Juli. Nachdüngung: 0.1 g K_2O als K_2SO_4 und 0.2 g N als $Ca(NO_3)_2$.

22. Juli. Den Pflänzchen ist die Kopfdüngung gut bekommen.

17. August. II. Schnitt. Die Ernte wurde vorgenommen, weil der Boden der verschiedenen Reihen an P erschöpft scheint.

9. September. Abschluss der Versuche. Nach dem 2. Schnitt zeigten die Pflanzen keine Triebkraft mehr; bei den meisten Gefässen starben die Pflanzen ab. Vielleicht war hieran auch die ungünstige Witterung beteiligt, wodurch die Kulturen öfter mehrere Tage hintereinander unter Dach gehalten werden mussten.

Die letzten Grasreste wurden abgeschnitten mit den vorhergehenden Ernten vereinigt.

Die Ergebnisse der Versuche in den Jahren 1914 und 1915 sind in folgenden Tabellen zusammengestellt:

Tabelle I—III¹⁾ enthalten die Einzelerträge der Gefässe im lufttrockenen Zustande, sowie an Trockensubstanz der Versuche 1914.

Tabelle IV—VI¹⁾ enthalten die Mittelserträge dieser Ernten, sowie ihren Gehalt an Phosphorsäure.

Tabelle VII¹⁾ gibt eine Übersicht der Tabellen I—VI.

Tabelle VIII—IX¹⁾ enthalten die Einzelerträge der Gefässe im lufttrockenen Zustande, sowie an Trockensubstanz der Versuche 1915.

Tabelle X¹⁾ enthält die Mittelserträge dieser Ernten, sowie ihren Gehalt an Phosphorsäure.

Tabelle XI gibt eine Übersicht der Ergebnisse der Versuchsjahre 1914 und 1915.

¹⁾ Die Tabellen I—XI befinden sich am Schlusse der Arbeit. Am Schlusse der Arbeiten befinden sich ferner einige photographische Aufnahmen der Versuche 1914 und 1915.

C. Besprechung der Versuchsergebnisse.

Prüfung der Einzelergebnisse und der Mittelwerte. Wenn wir die auf den einzelnen Gefäßen erzielten Erträge überblicken, dann ergibt sich, dass die Ernten der Vergleichsgefäße in durchaus befriedigender Weise übereinstimmen, und dass wir die daraus errechneten Mittelserträge ohne Bedenken unseren Betrachtungen zugrunde legen können.

Vergleich der durch die Bodenphosphorsäure erzielten Mehrerträge mit ihrer relativen Löslichkeit in verschiedenen Reagentien.

Der Hauptzweck der Versuche war, den Wirkungswert der Bodenphosphorsäure und ihre relative Löslichkeit vergleichend zu untersuchen. Wir wollen deshalb zunächst sehen, welche Antwort unsere Versuche auf diese Frage gegeben haben, und zu diesem Zwecke die Mehrerträge, die durch gleiche Mengen Phosphorsäure in Form verschiedener Böden erzielt wurden, in Vergleich setzen mit der Löslichkeit der Bodenphosphorsäure.

Wenn wir die relative Löslichkeit der Phosphorsäure in 10 %iger Salzsäure (Versuch 2) zugrunde legen, ergibt sich folgendes Bild:

Boden	Gehalt an Gesamt-P ₂ O ₅ %	P ₂ O ₅ löslich aus 100 g Boden in 10 %iger HCl %	Von 100 Teilen Gesamt-P ₂ O ₅ löslich in 10 %iger HCl	Durch gleiche Mengen P ₂ O ₅ wurden an Mehr- erträgen erzielt		
				1914 g	1915 g	Zu- sammen g
B. 1 Rodenkirchen . . .	0.313	0.262	83.7	8.45	6.77	15.22
" 5 Geest-Gottberg . . .	0.095	0.085	89.5	4.69	3.44	8.13
" 9 Standenbühl . . .	0.081	0.057	70.4	3.42	3.07	6.49
" 11 Nieder-Zwehren . .	0.052	0.052	100.0	4.22	4.84	9.06
" 12 Dahlem	0.077	0.060	78.0	6.94	3.88	10.82

Ordnen wir die Böden nach der Löslichkeit ihrer Phosphorsäure in HCl, bezogen auf Gesamt-P₂O₅, und setzen die Löslichkeitszahlen in Beziehung zu den erzielten Mehrerträgen so kommen wir zu folgender Übersicht:

	B. 9	B. 5	B. 11	B. 12	B. 1
Mehrerträge	6.49	8.13	9.06	10.82	15.22
Relative Löslichkeit . .	70.4 [57] ¹⁾	89.5	100	78	83.7

¹⁾ Unter Zugrundelegung eines Gesamtgehaltes von 0.1 % P₂O₅. Vergleiche die Fussnote 2 auf S. 102.

Wir sehen also, dass die relative Löslichkeit der Phosphorsäure, ermittelt durch Salzsäure, den Wirkungswert nur in ungenügender Weise zum Ausdruck bringt.

Wir wollen jetzt untersuchen, wie sich die Verhältnisse gestalten, wenn wir die relative Löslichkeit, ermittelt durch 1%ige Zitronensäure, zugrunde legen (Versuch 3).

	P ₂ O ₅ löslich aus 100 g Boden in 1%iger Zitronensäure in mg			Bezogen auf Gesamt-P ₂ O ₅			Mehr- erträge durch gleiche Mengen P ₂ O ₅ g
	1. Frak- tion mg	1.—3. Fraktion mg	1.—10. Fraktion mg	1. Frak- tion mg	1.—3. Fraktion mg	1.—10 Fraktion mg	
B. 1	80.6	155.6	215.5	26	50	69.3	15.22
" 5	7.0	15.8	35.5	7	16	36	8.13
" 9	11.6	22.1	42.0	14	27	49	6.49
" 11	11.1	18.6	30.4	21	35	57 ¹⁾	9.06
" 12	24.9	34.5	46.2	32	44	59	10.82

Setzen wir die steigenden Mehrerträge mit der Löslichkeit in Vergleich, so ergibt sich:

	B. 9	B. 5	B. 11	B. 12	B. 1
Mehrerträge	6.49	8.13	9.06	10.82	15.22
Relative Löslichkeit 1. Fraktion . .	14 (11.6) ²⁾	7	21	32	26
" " 1.— 2. Fraktion	22 (18.1)	12	29	40	42
" " 1.— 3. "	27 (22.1)	16	35	44	50
" " 1.—10. "	49 (42)	36	57	59	69.3

Mit Ausnahme von B. 9 (Standenbühl) steigen also die Erträge mit der Zitronensäurelöslichkeit der Phosphorsäure, wenn man die Böden häufiger als einmal mit der Zitronensäurelösung auszieht.

Wenn man nicht gleiche Mengen Boden mit Zitronensäurelösung behandelt, sondern so grosse Bodenmengen der Extraktion

¹⁾ Hier fehlt die 5. Fraktion.

²⁾ Da die Bestimmungen des Gesamt-Gehaltes an P₂O₅ gerade bei dem Boden 9 schlecht übereinstimmende Ergebnisse geliefert haben, könnte man geneigt sein anzunehmen, dass er vielleicht aus diesem Grunde hier aus der Reihe herausfällt.

Aber das trifft nicht zu, denn selbst wenn man den höchsten Wert an Gesamt-Phosphorsäure zugrunde legt, bleibt die Reihenfolge dieselbe, wie die in Klammer beigefügten Zahlen zeigen, die auf 0.1 % Gesamt-Phosphorsäure bezogen sind.

unterwirft, dass die Zitronensäurelösung auf gleiche Mengen Bodenphosphorsäure einwirkt, wie das bei Versuch 4 geschehen ist, so kommt man zu folgenden Zahlen:

Von 100 Teilen Gesamt- P_2O_5 sind löslich Milligramm P_2O_5 :

	1. Auszug	1.—5. Auszug	Mehrerträge
B. 1	47.8	64.3	15.22
„ 5	11.4	25.7	8.13
„ 9	15.7	30.0	6.49
„ 11	22.9	41.9	9.06
„ 12	39.3	50.1	10.82

oder in anderer Zusammenstellung:

	B. 9	B. 5	B. 11	B. 12	B. 1
Mehrerträge	6.49	8.13	9.06	10.82	15.22
Rel. Löslichkeit 1. Auszug . .	15.7	11.4	22.9	39.3	47.8
„ „ 1.—5. Auszug .	30.0	25.7	41.9	50.1	64.3

Auch diese Zahlen zeigen, dass mit Ausnahme von B. 9 (Standenbühl) die Steigerung des Mehrertrages, also der Wirkung der Phosphorsäure, mit ihrer Löslichkeit Hand in Hand geht.

Wenn man nun den durch B. 1 erzielten Mehrertrag (von 15.22 g) = 100 setzt und ebenfalls die für die Zitronensäurelöslichkeit der Phosphorsäure dieses Bodens gefundenen Werte (47.8 bzw. 64.3), dann kommt man zu folgenden Verhältniszahlen:

	B. 1	B. 12	B. 11	B. 5	B. 9
Mehrertrag	100	71.1	59.5	53.4	42.6
Löslichkeit (1. Auszug) . . .	100	82.2	47.9	23.8	32.8
Unterschied	—	+ 11.1	— 11.6	— 29.6	— 9.8
Löslichkeit (1.—5. Auszug) . .	100	77.9	65.2	40.0	46.7
Unterschied	—	+ 6.8	+ 5.7	— 13.4	+ 4.1

Es ist nun gewiss, dass man aus mancherlei Gründen solche Berechnungen nur mit grossem Vorbehalte bewerten darf, da die Genauigkeit der Werte für die Mehrerträge, bzw. die relative Zitronensäurelöslichkeit wohl für eine graduelle Bewertung, nicht aber für derartige quantitative Berechnungen der Wirkungsunterschiede ausreicht. Es ist daher an sich richtiger, sich mit der Feststellung zu begnügen, dass Wirkungsunterschiede der Bodenphosphorsäure der verschiedenen Böden sicher vorhanden sind, ohne ihre Grösse durch bestimmte Zahlen festlegen zu wollen.

Wenn man mit dieser gebotenen Einschränkung die letzte Berechnung übersieht, so scheint man daraus den Schluss ziehen zu können, dass die Beziehungen zwischen Löslichkeit und Wertigkeit besser zum Ausdruck kommen, wenn man den Boden wiederholt mit den Lösungsmitteln behandelt, als wenn man ihn nur einmal extrahiert. Es sei daran erinnert, dass bei dem Versuch Nr. 3 der Parallelismus zwischen Wirkung und Löslichkeit der Phosphorsäure überhaupt erst bei wiederholter Extraktion in befriedigender Weise zum Ausdruck kam.

Zweitens könnte diese Art der Berechnung vielleicht den Schluss gestatten, dass es nicht der Boden 9, sondern der Boden 5 ist, der aus der Reihe herausfällt.

Man könnte der Meinung sein, dass diese Abweichung auf die analytischen Ungenauigkeiten, die der Bestimmung der Nährstoffe im Boden noch anhaften, zurückzuführen ist, zumal gerade die Böden 5 und 9 hinsichtlich der Löslichkeit nur wenig von einander abweichen.

Aber dieser Annahme steht der Umstand entgegen, dass auch bei den nach Methode Nr. 3 ausgeführten Untersuchungen es wieder der Boden Nr. 5 ist, der aus der Reihe herausfällt.

Wenn man nämlich in derselben Weise, wie das soeben bei den Zahlen des Versuches Nr. 4 geschehen ist, die Werte des Versuches Nr. 3 zusammenstellt, so kommt man zu folgendem Bilde:

	B. 1	B. 12	B. 11	B. 5	B. 9
Mehrerträge	100	71.1	59.5	53.4	42.6
Löslichkeit 1.—3. Fraktion . .	100	88.0	70.0	32.0	54.0
Unterschied	—	+ 16.9	+ 10.5	— 21.4	+ 11.4
Löslichkeit 1.—10. Fraktion . .	100	85.1	82.3	51.9	70.6
Unterschied	—	+ 14.0	+ 22.8	— 1.5	+ 28.0

Dass eine einmalige Extraktion nach dieser Methode nicht ausreicht, haben wir wiederholt erwähnt. Es scheint zur Beurteilung aber ausreichend zu sein, wenn man sich mit einer 2—3maligen Ausziehung des Bodens begnügt.

Besser scheint es ferner zu sein, wenn man das Lösungsmittel nicht auf gleich grosse Mengen Boden, sondern auf gleich grosse Mengen Bodenphosphorsäure einwirken lässt.

Die Untersuchungen, die wir mit verdünnter Salpetersäure als Lösungsmittel anstellten (Versuch VI und VII) ergaben Zahlen, die mit dem physiologischen Wirkungswert der Bodenphosphorsäure sehr schlecht übereinstimmen, wie folgende Zahlen zeigen:

	B. 9	B. 5	B. 11	B. 12	B. 1
Mehrerträge	6.49	8.13	9.06	10.82	15.22
Von 100 Teilen Gesamt- P_2O_5 löslich in 1%iger Salpetersäure	1.5	0.4	1.0	17.00	2.2
Nach der Methode von SIGMOND	2.5	1.5	3.5	18.3	1.0

Die Salpetersäure steht also hinsichtlich ihrer Brauchbarkeit, soweit die angestellten Untersuchungen ein Urteil gestatten, scheinbar der 1%igen Zitronensäure nach. Es ist aber zu bemerken, dass die vorliegenden Versuche ein abschliessendes Urteil über den Wert der Salpetersäure als Lösungsmittel nicht ohne weiteres gestatten, da es nicht unmöglich ist, dass man bei längerer Einwirkung, als es z. B. bei Versuch VI geschehen, wo nur der erste Auszug zur Untersuchung gelangte, zu besseren Ergebnissen gelangt wäre.

Wir haben jedoch davon Abstand genommen, diese Verhältnisse weiter zu verfolgen und bei unseren weiteren Untersuchungen die 1%ige Zitronensäurelösung als Lösungsmittel benutzt, im Hinblick auf den im grossen und ganzen befriedigenden Ausfall der bisherigen Versuche mit diesem Lösungsmittel.

Wenngleich nun das von uns angewandte Verfahren der Extraktion sich scheinbar bewährt hatte, so war doch nicht zu leugnen, dass es wünschenswert wäre, wenn es sich vereinfachen liesse.

Wir haben daher die Böden ebenfalls nach dem von BERJU angegebenen Verfahren untersucht, indem wir den Boden mit der 1%igen Zitronensäure am 1. Tage 6 Stunden, am 2. Tage noch einmal 2 Stunden schüttelten (Versuch VII).

Wir erhielten dabei folgende Ergebnisse:

	B. 9	B. 5	B. 11	B. 12	B. 1
Mehrerträge	6.49	8.13	9.06	10.82	15.22
Von 100 Teilen P_2O_5 löslich .	8.64	7.37	9.62	36.36	22.05

Die nach unserem Verfahren erhaltenen Werte bringen den Wirkungswert der Bodenphosphorsäure

jedenfalls erheblich besser zum Ausdruck. Es ist jedoch zu bemerken, dass wir die vorliegenden Löslichkeitsbestimmungen der Phosphorsäure nicht für absolut sicher halten, da vergleichende Untersuchungen, die von einem anderen Analytiker ausgeführt wurden, bei einigen Böden andere Zahlen ergaben.

Die Einberufung unserer Assistenten gestattete es nicht, den Differenzen auf den Grund zu gehen.

Vor der Hand sind wir der Meinung, dass auch diese oder ähnliche Methoden, an sich ebenso gut wie unsere Art der Extraktion, imstande sein müssen, die relative Löslichkeit der Bodenphosphorsäure in Übereinstimmung mit ihrem physiologischen Wirkungswert zum Ausdruck zu bringen.

**Die Beziehungen der Löslichkeit der Bodenphosphorsäure
in Reagentien zu den durch die Pflanzen aufgenommenen
Phosphorsäuremengen.**

Da unsere Versuche so angelegt waren, dass die physikalischen Eigenschaften der verschiedenen Böden durchaus gleich waren, so war zu erwarten, dass auch die Erträge an Pflanzensubstanz lediglich von der Assimilierbarkeit der Phosphorsäure abhängig sein und dementsprechend auch die aufgenommene Phosphorsäuremenge mit der Höhe der Erträge und der Assimilierbarkeit gleichlaufend sein würden.

Der Ausfall der Versuche hat gezeigt, dass beides in der Tat zutrifft und infolgedessen trifft alles, was wir bisher über die Beziehung der Löslichkeitsverschiedenheiten der Phosphorsäure in den verschiedenen Böden zu den Mehrerträgen an Pflanzensubstanz gesagt haben, auch für die durch die Pflanzen aufgenommenen Phosphorsäuremengen zu.

Die folgende Übersicht möge das zeigen:

	B. 9	B. 5	B. 11	B. 12	B. 1
Mehrerträge an Pflanzensubstanz 1914 und 1915	6.49	8.13	9.06	10.82	15.22
Von 100 Teilen Bodenphosphorsäure wurden aufgenommen 1914. . .	5.2	7.1	5.8	10.3	13.2
Von 100 Teilen Bodenphosphorsäure wurden aufgenommen 1915. . .	5.3	4.7	7.4	6.2	9.4
Zusammen:	10.5	11.8	13.2	16.5	22.6

Von 100 Teilen Bodenphosphorsäure waren löslich in:

		B. 9	B. 5	B. 11	B. 12	B. 1
1%ige Zitronen-	{ 1.— 3. Fraktion	27	16	35	44	50
säure Methode						
Versuch Nr. 3	{ 1.—10. "	49	36	57	60	69.3
Methode Versuch	{ 1. Auszug . . .	15.7	11.4	22.9	39.3	47.8
Nr. 4		30.0	25.7	41.9	50.1	64.3
Methode Versuch	{ 1.—5. Auszug .	8.64	7.37	9.62	36.36	22.05
Nr. 7						

D. Fortsetzung der Versuche mit 15 anderen Böden 1915.

Um die Beziehungen zwischen der relativen Löslichkeit der Bodenphosphorsäure und ihrer Assimilierbarkeit weiter zu verfolgen, setzten wir unsere Versuche im Jahre 1915 mit anderen Böden fort.

Die Bestimmung der Gesamtphosphorsäure.

Zur Bestimmung der Gesamtphosphorsäure wurden die Böden staubfein zerrieben und durch Seidegaze gebeutelt.

Die Bestimmung der Gesamtphosphorsäure wurde alsdann vorgenommen durch Aufschliessen der Erde mit Königswasser nach der von H. FISCHER in den „Internationalen Mitteilungen für Bodenkunde“ B. II, 1912, S. 541 beschriebenen Methode.

Die Bestimmung der zitronensäurelöslichen Phosphorsäure wurde in der Weise durchgeführt, dass 100 g Boden mit 1000 ccm einer 1%igen Zitronensäurelösung am 1. Tage 6 Stunden im Rotierapparat geschüttelt wurden. Nach dem Schütteln blieben die Flaschen 10 Stunden stehen und wurden nach Verlauf dieser Zeit (am nächsten Tage) noch einmal 2 Stunden geschüttelt. Alsdann wurde filtriert. Vom Filtrat wurde ein äquivalenter Teil = 80 g Boden mit etwas Salzsäure eingedampft, der Rückstand getrocknet, mit heissem Wasser und etwas Salpetersäure aufgenommen, in einen 400 cm Kolben übergespült und vom Filtrat ein Anteil entsprechend 30 g Boden zur Analyse verwendet. Nach Einengung wurde die Phosphorsäure als Ammonophosphormolybdat bestimmt.

Um zunächst kennen zu lernen, in welcher Weise die relative Löslichkeit der Phosphorsäure verschiedener Böden schwanken kann, haben wir eine grössere Anzahl derselben aus den verschiedensten Gegenden auf ihren Gehalt an Gesamt-Phosphorsäure und zitronensäurelöslicher Phosphorsäure untersucht.¹⁾ Wir fanden folgendes:

¹⁾ Den Herren Kollegen, die uns bei der Beschaffung der Böden behilflich waren, sagen wir auch an dieser Stelle noch einmal unseren herzlichsten Dank.

**Übersicht über die relative Löslichkeit der Phosphorsäure
verschiedener Böden.**

Zeichen der Probe	Bezugsort	Auf- schluss mit Königs- wasser Gesamt- P_2O_5 %	Mittel	Im 1 %igen Zitronen- säure- auszug P_2O_5 %	Mittel	Relative Löslich- keit
1	Rodenkirchen II	0.2573 0.2581	0.258	0.0772 0.0755	0.076	29.45
2	Birkenmoor (Koburg)	0.1315 0.1385 0.1315	0.134	0.02475 0.02727	0.026	19.40
3	Udars (Rügen)	0.0796 0.0748	0.077	0.02298 0.02273	0.023	29.87
4	Neu-Kietz (Wriezen)	0.1664 0.1696 0.1657 0.1639	0.166	0.05694 0.05522	0.056	33.73
5	Wenkendorf (Feh- marn)	0.0788 0.0768 0.0705	0.075	0.01589 0.01639	0.016	21.33
6	Standenbühl (Pfalz)	0.1597 0.1637 0.1617 0.1591 0.1601	0.161	0.06187 0.06187	0.062	38.51
7	Ober-Zwehren (Bez. Kassel)	0.1090 0.0911 0.0908 0.1095	0.100	0.02096 0.01916	0.020	20.00
8	Königsberg	0.2319 0.2327	0.232	0.1197 0.1022	0.111	47.85
9	Seelow	0.2110 0.2109	0.211	0.0808 0.0781	0.080	37.91
10	Zielenzig	0.1756 0.1730	0.174	0.0816 0.0833	0.083	47.75
11	Wittstock	0.1542 0.1597 0.1662	0.160	0.08813 0.06465	0.076	47.50
12	Wierigsdorf II	0.1212 0.1233	0.122	0.05783 0.06869	0.063	50.81

Zeichen der Probe	Bezugsort	Aufschluss mit Königswasser Gesamt- P_2O_5 %	Mittel	Im 1 %igen Zitronensäureauszug P_2O_5 %	Mittel	Relative Löslichkeit
13	Perleberg	0.0566 0.0686 0.0701	0.065	0.0239 0.0263	0.025	38.47
14	Schwiebus	0.0532 0.0480 0.0532	0.051	0.0404 0.0404	0.040	76.92
15	KUHNE: Hauptschlag II	0.0897 0.0842	0.087	0.0356 0.0356	0.036	41.38
16	Hauptschlag IV	0.0827 0.0854	0.084	0.03838 0.03645	0.037	44.17
17	Hauptschlag VII	0.0554 0.0575	0.057	0.02273 0.02323	0.023	40.35
18	Nebenschlag III	0.0746 0.0769	0.076	0.0304 0.0303	0.030	39.48
19	Nebenschlag VII	0.0668 0.0695	0.068	0.02551 0.02399	0.025	36.77
20	Potsdam I	0.0739 0.0738	0.074	0.0049 0.0051	0.005	6.77
21	Rettgau	0.1339 0.1382	0.136	0.0371 0.0391	0.038	27.94
22	PRÜFER	0.0996 0.0955	0.098	0.0295 0.0295	0.030	30.30
23	Dahlem (G-Feld) 1915	0.0637 0.0635	0.064	0.0259 0.0261	0.026	40.62
24	Boche	0.0699 0.0691 0.0708	0.070	0.0147 0.0141	0.014	20.00
25	Prenzlau	0.1032 0.1170 0.1130	0.111	0.0437 0.0426	0.043	39.73
26	Friedeberg	0.0989 0.0959 0.1054	0.100	0.03106 0.03687	0.034	34.00
27	Sorau	0.0723 0.0678 0.0699	0.070	0.02601 0.02096	0.024	34.28

Wir sehen also, dass die relative Löslichkeit innerhalb weiter Grenzen schwanken kann.

Bei den vorliegenden 27 Böden schwankte sie zwischen 6.77 % und 76.92 %.

Ordnen wir die Böden nach der relativen Löslichkeit ihrer Phosphorsäure etwas näher, so finden wir folgendes:

Relative Löslichkeit		Relative Löslichkeit	
0—10 % bei	1 Boden	50— 60 % bei	1 Boden
10—20 " "	1 " "	60— 70 " "	— " "
20—30 " "	6 Böden	70— 80 " "	1 " "
30—40 " "	10 " "	80— 90 " "	— " "
40—50 " "	7 " "	90—100 " "	— " "
25 Böden		2 Böden	

Die meisten der untersuchten Böden besitzen also eine relative Löslichkeit der Phosphorsäure, die zwischen 20—50 % liegt.

Von diesen Böden wählten wir für unsere Vegetationsversuche die folgenden 15 aus:

	Gesamt-P ₂ O ₅ %	Löslich in 1 % iger Zitronen- säure %	Von 100 Teilen Gesamt-P ₂ O ₅ sind zitronen- säurelöslich
Rettgau	0.136	0.038	27.94
PRÜFER	0.098	0.030	30.30
Potsdam I	0.074	0.005	6.77
Boche	0.070	0.014	20.00
Dahlem	0.064	0.026	40.62
Rodenkirchen II.	0.258	0.076	29.45
Standenbühl I	0.161	0.062	38.51
Birkenmoor	0.134	0.026	19.40
Ober-Zwehren	0.100	0.020	20.00
Udars	0.077	0.023	29.87
Königsberg	0.232	0.111	47.85
Zielenzig	0.174	0.083	47.75
Wittstock	0.160	0.076	47.50
Schwiebus	0.051	0.040	76.92
KUHNKE	0.087	0.036	41.38

Die nähere Charakteristik ergibt sich aus folgenden Angaben:

1. Boden aus Rodenkirchen (II) stammt von einer Ochsenweide, die bisher keinerlei künstliche Düngung erhalten hat. Der Boden hat reichlichen Gehalt an tonigen Substanzen. Abschlämbare Teile 41.04 %¹⁾

¹⁾ Die Bestimmung der abschlämbaren Teile geschah nach einem abgekürzten Verfahren. Die Zahlen besitzen nur Wert als Vergleichszahlen.

2. Boden aus Standenbühl (I) ist eine Mischung von Schwemmland und Verwitterungsboden. Die Verwitterungsprodukte entstammen dem Tonschiefer und Porphy. Abschlämbbare Teile 32.82 %.
3. Boden aus Birkenmoor entstammt einem Ackerstück, das mehrere Jahre als Exerzierplatz diente. 1909 wurde es umgepflügt und erhielt hierbei eine Düngung von Kalisalz und Stallmist. Abschlämbbare Teile 69.02 %.
4. Boden aus Ober-Zwehren. Abschlämbbare Teile 35.82 %.
5. Boden aus Udars auf Rügen. Stammt von einem Acker, der 1913 mit 75 Pfund Kalisalz pro Morgen gedüngt worden ist. Abschlämbbare Teile 17.54 %.
6. Boden aus Potsdam (I) ist ein sehr magerer Sandboden der bisher als Wald diente und durch Humus etwas dunkel gefärbt war. Abschlämbbare Teile 8.70 %.
7. Boden aus Rettgau ist ein Schwemmlandboden mit höherem Tongehalt und etwas Humus. Abschlämbbare Teile 65.95 %.
8. Boden aus Dahme von PRÜFER. Es ist ein fruchtbarer humoser Sandboden (sogenannter Aueboden) von grosser Wüchsigkeit. Abschlämbbare Teile 27.0 %.
9. Boden aus Boche entstammt einer bestimmten Schicht einer Kiesgrube. Es ist ein sehr feinkörniger Sand mit geringer Beimengung toniger Bestandteile. Abschlämbbare Teile 14.45 %.
10. Boden aus Dahlem (G-Feld) entstammt einem Ackerstück, das seit 5 Jahren auf Phosphorsäure abgebaut wurde, ohne dass sich ein Phosphorsäuremangel bemerkbar machte. Es ist ein schwachlehmiger Sandboden. Abschlämbbare Teile 12.60 %.
11. Boden aus Königsberg (Prov. Brandenburg) ist ein kalkreicher (bis 18 % CaCO_3) humoser sehr fruchtbarer Sandboden, der in höchster Kultur steht. Abschlämbbare Teile 18.98 %.
12. Boden aus Zielenzig. Sandboden mit geringem Anteil toniger Substanzen. Abschlämbbare Teile 7.15 %.
13. Boden aus Wittstock. Der Boden ist ein grobkörniger armer Sandboden mit geringem Anteil abschlämmbbarer Teile. Abschlämbbare Teile 8.45 %.
14. Boden aus Schwiebus. Der Boden ist ein ärmerer Sandboden mit geringem Anteil abschlämmbbarer Bestandteile. Abschlämbbare Teile 4.27 %.
15. Boden von KUNKE aus Karlshorst bei Velten, (Hauptschlag II). Der Boden ist ein in guter Kultur befindlicher

Sandboden. Die abschlämbbaren Teile bestehen hauptsächlich aus sehr feinen Sanden und wenig tonigen Substanzen. Abschlämbbare Teile 14.80 %.

Die Vegetationsversuche mit diesen Böden wurden in derselben Weise ausgeführt, wie die bisherigen Versuche, d. h. es wurde eine 0.183 g P_2O_5 entsprechende Menge der verschiedenen Böden durch Sandzusatz auf 7.0 kg gebracht, und zudem 3 weitere Versuchsreihen mit reinem Glassand angesetzt, die z. T. ohne P_2O_5 -Düngung blieben, z. T. mit 0.183 g resp. 0.366 g P_2O_5 in Form von Dicalciumphosphat gedüngt wurden.

Als Grunddüngung erhielten die Gefässe:

8	g $CaCO_3$
0.5	" N als $Ca(NO_3)_2$ in 3 Gaben
0.50	" K_2O als $KCl + K_2SO_4$ in 2 Gaben
0.360	" $MgSO_4$

Vom Stickstoff wurden den Gefässen beim Füllen 0.2 g, vom Kali 0.25 g gegeben, der Rest während der Vegetation als Kopfdüngung. Die Düngungen wurden mit 5.5 kg des Gefässinhaltes vermischt; 1.5 kg diente als ungedüngte Deckschicht.

Der Versuchsplan gestaltete sich demnach so:

Nummer der Gefässe	Inhalt der Gefässe	Phosphorsäure- düngung
277—279	7000 g	ohne P_2O_5 -Zusatz
280—282	7000 "	mit 0.183 g P_2O_5
283—285	7000 "	0.366 " "
286—288	6865 " Sand + 134.56 g Rettgau-Boden . .	darin 0.183 " "
289—291	6813 " " + 186.73 " Potsdam-Boden . .	" 0.183 " "
292—294	6752 " " + 247.63 " Potsdam-Boden . .	" 0.183 " "
295—297	6739 " " + 261.42 " Boche-Boden . .	" 0.183 " "
298—300	6714 " " + 285.93 " Dahlem-Boden . .	" 0.183 " "
400—402	6929 " " + 70.93 " Rodenkirchen-Boden	" 0.183 " "
403—405	6886 " " + 113.67 " Standenbühl-Boden .	" 0.183 " "
406—408	6863 " " + 136.57 " Birkenmoor-Boden .	" 0.183 " "
409—412	6817 " " + 183.0 " Ober-Zwehren-Boden	" 0.183 " "
413—414	6762 " " + 237.66 " Udars-Boden . .	" 0.183 " "
415—417	6921 " " + 78.88 " Königsberg-Boden .	" 0.183 " "
418—420	6895 " " + 105.18 " Zielenzig-Boden . .	" 0.183 " "
421—423	6886 " " + 114.38 " Wittstock-Boden .	" 0.183 " "
424—426	6648 " " + 351.92 " Schwiebus-Boden .	" 0.183 " "
427—429	6790 " " + 210.34 " Kuhnke-Boden . .	" 0.183 " "

Der Wassergehalt der Gefässe wurde während der Vegetationszeit durch regelmässiges Wägen tunlichst auf 60 % der wasserhaltenden Kraft des Gefässinhaltes gehalten.

Als Versuchsfrucht diente Hafer, dem als Nachfrucht italienisches Raigras folgte.

Über den Verlauf des Versuches geben folgende Vegetationsnotizen Auskunft.

Aufzeichnungen über den Verlauf des Versuches.

I. Hauptfrucht: Hafer.

Einsaat des Hafers: 21. April 1915. Ausgelegt wurden 30 angequollene Körner.

12. Mai. Die Pflanzen sind normal aufgelaufen; keine besonderen Merkmale; sie wurden auf 15 Stück pro Gefäss verschnitten.

19. Mai. Die Kulturen wurden durch heftigen Sturm geschädigt. Blattspitzen sind zum grösseren Teil zerfetzt oder gar abgerissen.

Sämtliche Gefässe mit reinem Sand oder Sand und Bodenzusätzen, also die Reihe Nr. 277—300 und 400—429 zeigen Pflanzen von sichtlich hellerer Farbe; der Habitus der Pflänzchen, der bis jetzt normal schien, wird scheinbar schwächer.

Als Ursache für diese Erscheinung dürfte das Fehlen des Eisens bei der Düngung anzusprechen sein, ferner der Umstand, dass die Stickstoff-Düngung nur 0.2 N betrug.

Die Pflanzen auf den Reihen mit reiner Bodenfüllung sind normal.¹⁾

Gefässreihe Nr. 304—306 ist etwas besser wie Reihe Nr. 301—303 ohne P. Es zeigt sich also ein Düngungsbedürfnis für Phosphorsäure.¹⁾

20. Mai. Nachdüngung pro Gefäss 0.404 g FeCl_3 0.200 g N als $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$.

10. Juni. 25 ccm = 0.1 g N als $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, 25 ccm = 0.404 g FeCl_3 .

17. Juni. Nach der Kopfdüngung haben sich die Pflanzen sichtlich erholt.

¹⁾ Über diesen Versuch wird weiter unten noch besonders berichtet werden.

Größenunterschiede sind jetzt vorzüglich zu sehen; z. B. die Reihen ohne Phosphorsäure sind deutlich abgestuft gegen die einfache und doppelte Phosphorsäuredüngung. Auch bei den Bodenzusätzen Reihe 286—300 und 400—429 sind deutliche Abstufungen sichtbar, die sich auch in den Erntezahlen ausdrücken werden.

Die Gefässreihen 301—330 sind sehr gut.¹⁾ Die Entwicklung der Pflanzen bringt den Bodencharakter sehr schön zum Ausdruck. Die Böden PRÜFER und Dahlem reagierten nicht auf die P-Düngung; die drei übrigen Rettgau, Boche, Potsdam zeigen dagegen eine Ertragssteigerung durch P-Düngung.¹⁾

Die Pflanzen beginnen die Rispen zu zeigen. Die Pflanzen der Gefässe mit reiner Bodenfüllung sind voraus;¹⁾ bei denen mit Sand-Bodenmischung sind erst am 26. Juni überall die Rispen zu sehen.

Wenn die Pflanzen auf den Gefässen mit Sand + Bodenzusatz im Verhältniss zu denen der Gefässe mit reiner Bodenfüllung nicht so strotzend aussehen, so trägt hierzu, abgesehen vom Bodenmedium, auch ein P-Mangel bei, denn die Pflanzen der Reihen mit Sandfüllung und CaHPO_4 sind sichtlich besser als die der Reihen, welche die Phosphorsäure in Form von Boden erhalten haben.

29. Juni. Hafer grün geerntet.

II. Nachfrucht: Italienisches Ralgras.

Nach der Aberntung wurden die Gefässe gelockert und die Wurzeln zerschnitten. So blieben sie einige Tage stehen.

4. Juli. Einsaat der Nachfrucht. 2 g italienisches Ralgras für das Gefäss.

10. Juli. Sämtliche Gefässe zeigen einen ausgeglichenen Pflanzenbestand.

16. Juli. Nachdüngung: 25 ccm = 0.1 K_2O als K_2SO_4 , 50 ccm = 0.2 N als $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$.

22. Juli. Die jungen Pflänzchen haben auf den Sandtöpfen anscheinend etwas gelitten. Die Blattspitzen krümmen sich und trocknen ab. Die Pflanzen des gleichzeitig gedüngten, alten Versuchs zeigen dagegen keine Schädigung.

17. August. Grasernte, I. Schnitt.

¹⁾ Über diesen Versuch wird weiter unten noch besonders berichtet werden.

Bemerkenswert ist, dass die Wirkung der doppelten Phosphorsäuregabe erst jetzt in die Erscheinung trat. In der ersten Zeit stand sie schlechter als die einfache Gabe.

Auf der ungedüngten Topfreihe standen auch hier die Pflänzchen anfangs! sichtlich besser wie auf der Reihe mit der einfachen P-Gabe. Die gleiche Erscheinung wurde bei den Kaliversuchen beobachtet. Beim Hafer konnte man ähnliches nicht beobachten. Nr. 231 erscheint etwas besser wie die Vergleichstöpfe derselben Reihe.

9. September. Gras auf den Gefäßen mit unvermischten Böden. II. Schnitt ¹⁾

28. September. Die Kulturen leiden durch die häufige Überschattung des zugezogenen Daches. Da die Witterung dauernd regnerisch blieb, wurde der Abbruch des Versuches beschlossen.

Gefäße mit unvermischten Böden. III. Schnitt;¹⁾ für alle übrigen II. Schnitt.

Alle Schnitte wurden für jeden Topf vereinigt.

Die Gefäße wurden aufgelockert und im Keller überwintert.

Die Ergebnisse dieser Versuche sind in den folgenden Tabellen zusammengestellt:

Tabelle XII a und XII b enthalten die Einzelerträge der Gefäße an Hafer im lufttrockenen Zustande.

Tabelle XIII a und XIII b enthalten die Mittelерträge dieser Ernten, sowie ihren Gehalt an Phosphorsäure.

Tabelle XIV a und XIV b enthalten die Einzelerträge der Gefäße an italienischem Raigras im lufttrockenen Zustande.

Tabelle XV a und XV b enthalten die Mittelерträge dieser Ernten, sowie ihren Gehalt an Phosphorsäure.

Tabelle XVI enthält eine zusammenfassende Übersicht über die Versuchsergebnisse.

Die Tabellen XIIa—XVI befinden sich am Schlusse der Arbeit.

E. Besprechung der Versuchsergebnisse.

Die Prüfung der Einzelergebnisse der Vegetationsversuche ergibt, dass sie in durchaus zufriedenstellender Weise übereinstimmen, so dass wir die Mittelwerte für unsere weiteren Besprechungen zugrunde legen können.

¹⁾ Über diese Versuche wird weiter unten noch besonders berichtet werden.

Vergleich der durch die Bodenphosphorsäure erzielten Erträge und ihrer relativen Löslichkeit.

In der Tabelle XVI (am Schlusse der Arbeit) haben wir die durch gleiche Mengen Bodenphosphorsäure erzielten Erträge sowie ihre relative Löslichkeit zusammengestellt.

Wenn wir diese Ergebnisse in der Weise darstellen, dass wir die Mehrerträge nach ihrer Höhe anordnen und sie in Vergleich setzen mit der relativen Löslichkeit der Phosphorsäure des betreffenden Bodens, so kommen wir zu folgendem Bilde:

Boden	Mehrerträge g	Relative Löslichkeit %
1. Potsdam	0.41	6.77
2. Birkenmoor	0.82	19.44
3. Ober-Zwehren	0.82	20.00
4. Boche	1.20	20.00
5. Udars	1.59	29.87
6. Königsberg	1.70	[47.85]
7. Rettgau	1.73	27.94
8. Standenbühl	2.54	38.51
9. PROFFER	2.67	30.67
10. Schwiebus	2.97	[76.92]
11. KUHNE	3.45	41.38
12. Zielenzig	3.67	47.75
13. Rodenkirchen II	3.70	[29.45]
14. Wittstock	4.55	47.50
15. Dahlem	4.79	40.62

Die Zahlen zeigen, dass mit Ausnahme der Böden 6, 10, 13 auch bei diesen Versuchen der physiologische Wirkungswert der Bodenphosphorsäure und ihre relative Löslichkeit im allgemeinen übereinstimmen, und wir sind der Meinung, dass die Übereinstimmung eine noch bessere sein würde, wenn wir in der Lage gewesen wären, die Bestimmung der relativen Löslichkeit in noch schärferer Weise durchzuführen, als es hier geschehen ist. Denn es sei daran erinnert, dass unsere früheren Untersuchungen gezeigt haben, dass schon die Methode der kontinuierlichen Extraktion (vergl. S. 105) wesentlich bessere Ergebnisse ergeben hatte, als die Methode der einfachen Ausschüttelung, die wir notgedrungen in dem Jahre 1915 deshalb benutzen mussten, weil wir infolge der durch den Krieg bedingten Verhältnisse nicht in der Lage waren, die Untersuchungen zahlreicher Böden nach dem erstgenannten Verfahren durch-

zuführen. Auch die Gleichheit der Temperatur und des Feinheitsgrades verdienen noch weitergehende Berücksichtigung.

Die Ausnutzung der Bodenphosphorsäure im Vergleich zu ihrer relativen Löslichkeit.

	P ₂ O ₅ in Ernte		Von 100 Teilen Bodenphosphorsäure aufgenommen	Relative Löslichkeit in Zitronensäure %
	Hafer %	Raigras %		
1. Potsdam . . .	0 233	0.257	0.5	6.77
2. Birkenmoor . .	0 220	0.291	1.1	19.44
3. Ober-Zwehren .	0 237	0.269	1.0	20.00
4. Boche	0.264	0.285	2.8	20.00
5. Udars	0.268	0.314	3.6	29.87
6. Königsberg . .	0.324	0.316	4.9	47.85
7. Rettgau . . .	0.235	0.287	3.2	27.94
8. Standenbühl . .	0.270	0.295	4.8	38.51
9. PRÖFER . . .	0.317	0.303	6.6	30.67
10. Schwiebus . .	0.339	0.445	11.0	76.92
11. KUHNKE . . .	0.287	0.390	9.4	41.38
12. Zielenzig . . .	0.313	0.354	9.4	47.75
13. Rodenkirchen II	0.270	0.366	8.8	29.45
14. Wittstock . .	0.321	0.377	12.0	47.50
15. Dahlem . . .	0.414	0.412	16.8	40.62

Wie wir das bereits bei früheren Versuchen gezeigt hatten (S. 106), so zeigen auch diese wieder, dass die Ausnutzung der Bodenphosphorsäure durch die Pflanzen und die relative Löslichkeit fast durchweg Hand in Hand gehen.

Ferner zeigt die Übersicht, dass im allgemeinen auch der Prozentgehalt der Ernten an Phosphorsäure mit der relativen Löslichkeit steigt und fällt.

Die von uns angewandte Methode der Versuchsanstellung (sowohl der Art der Vegetationsversuche, als auch der Art der chemischen Analyse) hat sich also auch bei diesen Versuchen wieder als brauchbar und empfehlenswert für weitere Versuche erwiesen.

F. Versuche mit unvermischten Böden. 1915.

Zur Ergänzung der beschriebenen Versuche haben wir einige weitere angestellt, um festzustellen, wie sich einige der

untersuchten Böden im natürlichen Zustande gegen eine Phosphorsäuredüngung verhielten.

Aus äusseren Gründen (Mangel an Hilfskräften, Platz und Bodenmaterial) konnten wir nur 5 Böden zu diesen Versuchen heranziehen und zwar die Böden: Potsdam I, Rettgau, PRÜFFER, Boche und Dahlem.

Die Art der Versuchsanstellung war genau dieselbe, wie wir sie bei den früheren Versuchen angewandt hatten.

Der Versuchsplan war folgender:

Nummer der Gefässe	Inhalt der Gefässe	Phosphorsäuredüngung
301—303	Boden Rettgau 5 7 kg	ohne P_2O_5
304—306	" " 5 7 "	mit 0.183 g P_2O_5 (als $CaHPO_4$)
307—309	" PRÜFFER 6 0 "	ohne P_2O_5
310—312	" " 6 0 "	mit 0.183 g P_2O_5
313—315	" Potsdam 6 0 "	ohne P_2O_5
316—318	" " 6 0 "	mit 0.183 g P_2O_5
319—321	" Boche 6 8 "	ohne P_2O_5
322—324	" " 6 8 "	mit 0.183 g P_2O_5
325—327	" Dahlem 6 8 "	ohne P_2O_5
328—330	" " 6 8 "	mit 0.183 g P_2O_5

Über den Verlauf der Versuche geben die Vegetationsnotizen auf S. 113 Auskunft.

Die Versuchsergebnisse sind in folgenden Tabellen zusammengestellt, die sich am Schluss der Arbeit befinden:

Tabelle XVII enthält die Einzelerträge der Gefässe an Hafer im lufttrockenen Zustande.

Tabelle XVIII enthält die Einzelerträge der Gefässe an italienischem Raigras im lufttrockenem Zustande.

Tabellen XIX und XX enthalten die Mittelерträge dieser Ernten, sowie ihren Gehalt an Phosphorsäure.

Am Schluss der Arbeit befindet sich eine photographische Aufnahme der in Tabelle XVII enthaltenen Versuche.

Sowohl die Photographieen, wie auch die Erntezahlen bringen die bekannte Tatsache wieder zum Ausdruck, dass trotz reichlicher Düngung die Ernten auf den verschiedenen Böden, je nach ihrer Eigenart, eine recht verschiedene Höhe aufweisen.

Die Tabellen XVII bis XX zeigen, dass auf den verschiedenen Böden mit und ohne Phosphorsäuredüngung folgende Mittel- und Mehrerträge erzielt wurden:

	Reine Böden	Hafer		Raigras		Summe der Mehrerträge
		Mittelertrag an Trocken- substanz	Mehrertrag an Trocken- substanz	Mittelertrag an Trocken- substanz	Mehrertrag an Trocken- substanz	
301—303	Rettgau ohne P . .	6.58	—	11.16	—	
304—306	" mit P . .	9.44	2.86	12.87	1.71	4.57
307—309	Райск ohne P . .	16.5	—	12.20	—	
310—312	" mit P . .	17.61	1.11	12.06	—	1.11
313—315	Potsdam I ohne P . .	2.97	—	7.15	—	
316—318	" mit P . .	5.23	2.26	10.36	+ 3.21	5.47
319—321	Boche ohne P . .	7.91	—	11.11	—	
322—324	" mit P . .	8.56	0.65	11.15	0.04	0.69
325—327	Dahlem ohne P . .	13.08	—	11.76	—	
328—330	" mit P . .	13.85	0.77	12.00	0.24	1.01

Wenn wir nun prüfen wollen, inwieweit sich das Düngungsbedürfnis der Böden analytisch ausdrücken lässt, so muss zunächst wieder daran erinnert werden, dass die graduellen Unterschiede, die bei einzelnen Böden zutage treten, in Anbetracht der Schwankungen der Einzelwerte und der geringen Abweichungen der Mittelwerte, nur mit einiger Vorsicht erörtert werden dürfen.

Wenn wir unter diesem Vorbehalt die Böden nach der Höhe der Mehrerträge ordnen und sie in Vergleich setzen mit ihrem Gehalt an Gesamt- P_2O_5 , zitronensäurelöslicher P_2O_5 und der relativen Löslichkeit der Phosphorsäure, so kommen wir zu folgender Übersicht:

	Mehrerträge durch P_2O_5 - Düngung g	In 100 g Boden		Relative Löslich- keit %
		Gesamt- P_2O_5	zitronen- säure- lösliche- P_2O_5	
Boche	0.69	0.070	0.0140	20.00
Dahlem	1.01	0.064	0.026	40.62
Райск	1.11	0.098	0.030	30.30
Rettgau	4.57	0.136	0.038	27.94
Potsdam	5.47	0.074	0.005	6.77

Die Zahlen zeigen, dass weder der Prozentgehalt der Böden an Gesamtphosphorsäure noch der an zitronensäurelöslicher Phosphorsäure mit dem Steigen und Fallen der Mehrerträge,

bezw. dem Düngungsbedürfnis, in einem erkennbaren Zusammenhang steht. Wenn wir uns aber die Zahlen für die relative Löslichkeit der Phosphorsäure ansehen, so erkennen wir, dass, mit einer Ausnahme (Boden Boche), die Zunahme der Mehrerträge in einem umgekehrten Verhältnis steht zu der relativen Löslichkeit der Boden-Phosphorsäure.

Je geringer die relative Löslichkeit, je deutlicher die Wirkung der Phosphorsäuredüngung. Das steht also durchaus im Einklang mit unseren früheren Versuchsergebnissen.

Um nun zu zeigen, in welcher Beziehung die relative Löslichkeit der Boden-Phosphorsäure steht zu dem Prozentgehalt der Ernten an Phosphorsäure, sowie zu der Ausnutzung der Phosphorsäure des Düngers möge folgende Zusammenstellung dienen:

	Mehrerträge g	Relative Löslichkeit der P_2O_5 %	Gehalt der Ernten ¹⁾ an Phosphorsäure		Ausnutzung der P_2O_5 des Düngers		Summe
			Hafer	Rai-gras	Hafer	Rai-gras	
1. Boche	0.69	20.00	0.635	0.781	2.0	6.6	8.8
2. Dahlem	1.01	40.62	1.095	1.321	0.21	3.6	3.81
3. PACHER	1.11	30.30	0.665	0.953	10.1	—	10.1
4. Rettgau	4.57	27.94	0.560	0.637	9.23	12.1	21.33
5. Potsdam	5.47	6.77	0.267	0.451	10.1	17.4	27.5

Wir sehen, dass der Prozentgehalt der Ernten an P_2O_5 ebenfalls mit zunehmenden Erträgen fällt, d. h. also, dass die Ernten der Böden, die am meisten auf Phosphorsäure reagierten, den geringsten Prozentgehalt an Phosphorsäure besitzen, und hiermit steht in Übereinstimmung, dass die Phosphorsäure des Düngers umso besser von den Pflanzen aufgenommen und ausgenutzt wird, je geringer die relative Löslichkeit der Bodenphosphorsäure des betreffenden Bodens ist.

Ein abweichendes Verhalten zeigt hier wieder der Boden Boche, sowohl hinsichtlich des Prozentgehaltes der Ernten an

¹⁾ Es sei bei dieser Gelegenheit auch auf die schon von anderer Seite gemachte Beobachtung hingewiesen, dass das Rai-gras einen höheren Prozentgehalt an P_2O_5 (und auch K_2O) besitzt als z. B. der Hafer, was ja für die Beurteilung der Pflanzenanalyse zur Ermittlung des Düngungsbedürfnisses der Böden zu berücksichtigen ist.

Phosphorsäure, als auch hinsichtlich der Ausnutzung der Phosphorsäure des Düngers.

Die geringe Wirkung der Phosphorsäure auf dem Boden Boche hat uns überrascht, da wir ihn gerade deshalb mit zu den Versuchen herangezogen hatten, weil wir von früheren Untersuchungen her wussten, dass er gut auf eine Phosphorsäuredüngung reagiert. Wir sind daher nicht abgeneigt zu glauben, dass das Versagen der Phosphorsäuredüngung auf diesem Boden bei den vorliegenden Versuchen auf besondere Umstände zurückzuführen ist, die mit seinem Düngungsbedürfnis für P_2O_5 in keinem Zusammenhang stehen, dass, mit anderen Worten, die relative Löslichkeit der Bodenphosphorsäure im Einklang mit dem Verhalten dieses Bodens bei früheren Versuchen steht.

Doch darf diese Meinungsäußerung, die wir glaubten nicht unterdrücken zu dürfen, für den vorliegenden Fall nicht weiter berücksichtigt werden, und es muss festgestellt werden, dass dieser Boden, wenn wir den erzielten Mehrertrag zugrunde legen, aus der Reihe herausfällt, nicht nur hinsichtlich der relativen Löslichkeit der Bodenphosphorsäure, sondern auch hinsichtlich des Prozentgehaltes der Ernten an Phosphorsäure und der Ausnutzung der Phosphorsäure des Düngers.

Jedenfalls dürfte es erlaubt sein, aus allen bisherigen Ergebnissen die Folgerung zu ziehen, dass die Bestimmung der relativen Löslichkeit der Bodenphosphorsäure mit Hilfe einer 1%igen Zitronensäurelösung es uns gestattet, den physiologischen Wirkungswert der Bodenphosphorsäure in zufriedenstellender Weise zum Ausdruck zu bringen und dass sie deshalb ein wertvolles Hilfsmittel zur Charakterisierung der Böden ist.

Nach Fertigstellung der Arbeit wurde uns bekannt, dass auch SCHNEIDEWIND, in Gemeinschaft mit D. MEYER und H. FRESE, Phosphorsäure-Düngungsversuche mit verschiedenen Böden angestellt hat, bei denen sowohl der Gehalt an Gesamt-Phosphorsäure, wie an zitronensäurelöslicher Phosphorsäure festgestellt war. Da uns die Arbeit selbst nicht zugänglich ist, führen wir an, was SCHNEIDEWIND darüber in seinem Lehrbuche „Die Ernährung der landw. Kulturpflanzen“ S. 191 mitteilt. Er schreibt: „Aus dem Gehalt an Gesamt-Phosphorsäure kann man nun nicht ohne weiteres auf das Phosphorsäurebedürfnis der Böden schliessen, da die Phosphorsäure der verschiedenen Böden in ganz ver-

schiedenem Maße den Pflanzen zugänglich ist. Auch die Löslichkeit der Phosphorsäure in verdünnten Säuren gibt uns, wie die Zahlen zeigen, keinen sicheren Aufschluss über das Phosphorsäurebedürfnis der Böden.“

Die Versuche, die SCHNEIDEWIND erwähnt, sind folgende:

Bezeichnung des Bodens	Gehalt an		Düngungsbedürfnis	Relative Löslichkeit der P_2O_5 (von uns berechnet)
	Gesamt- P_2O_5 %	zitronensäurelös. P_2O_5 %		
Schwerer Lösslehm Boden Nr. 9	0.814	0.445	keine Reaktion	54.6
Sandboden Nr. 2	0.168	0.053	" "	33.5
" " 1	0.048	0.020	" "	41.5
Tonboden Nr. 10	0.158	0.014	geringe Reaktion	8.8
Sandiger Lehm Boden Nr. 5 .	0.093	0.013	" "	14.0
Anmooriger Sandboden Nr. 3 .	0.072	0.014	stärkere Reaktion	20.0
Lehmiger Sandboden Nr. 4 .	0.060	0.010	" "	20.0
Lösslehm Boden Nr. 6	0.084	0.015	" "	17.8
Schwerer Lösslehm Boden Nr. 7	0.148	0.021	" "	14.2
" " " 8	0.080	0.016	" "	20.0

Wenn man aus den von SCHNEIDEWIND und seinen Mitarbeitern ergebnen Zahlen, entsprechend unserem Vorschlage, die relative Löslichkeit der Phosphorsäure der verschiedenen Böden berechnet und diese Zahlen mit dem durch den Düngungsversuch ermittelten Düngungsbedürfnis in Vergleich setzt, so bekommt man ein ganz anderes und viel klareres Bild. Besonders auch das verschiedene Verhalten der beiden Böden 1 und 8, die SCHNEIDEWIND als Beispiel für die Unsicherheit der chemischen Analyse für die Beurteilung des Düngungsbedürfnisses anführt, klärt sich auf, denn die Phosphorsäure des Bodens Nr. 1, der nicht auf Phosphorsäure reagiert, ist zu 41.5 % zitronensäurelöslich, die Phosphorsäure des Bodens Nr. 8, der eine stärkere Reaktion auf eine Phosphorsäuredüngung zeigt, ist nur zu 20 % zitronensäurelöslich.

Also auch diese Versuche zeigen, dass die Ermittlung der relativen Löslichkeit der Bodenphosphorsäure in vielen Fällen von Nutzen sein kann.

II. Versuche über die Löslichkeit und den Wirkungswert der Kaliverbindungen verschiedener Böden.

In ähnlicher Weise, wie für die Phosphorsäureverbindungen, haben wir auch Versuche über die Löslichkeit und Wirkung der Kaliverbindungen verschiedener Böden angestellt.

Die Versuche wurden mit denselben Böden ausgeführt, die wir auch zu unseren Phosphorsäureversuchen benutzt hatten. (Siehe Seite 86).

Bestimmung der Löslichkeitsverhältnisse der Kaliverbindungen.

Um die Löslichkeitsverhältnisse der Kaliverbindungen festzustellen, wurden bestimmt:

1. Die Gesamtmenge des vorhandenen Kalis durch Aufschliessen des staubfeinen Bodens mit Flussäure.
2. Die in 1 %iger heisser Salzsäure löslichen Kalimengen. Die Untersuchung wurde ausgeführt nach den Vereinbarungen des Verbandes landwirtschaftlicher Versuchs-Stationen, d. h., es wurden auf 1 Gewichtsteil Boden 2 Volumteile 10 %iger Salzsäure (unter Berücksichtigung der Karbonate des Bodens) unter häufigem Umschütteln 3 Stunden lang auf dem Wasserbade einwirken gelassen.
3. Die in 1 %iger Zitronensäurelösung löslichen Kalimengen. Die Zitronensäurelösung liessen wir nach dem oben (Seite 89) beschriebenen Verfahren 4 mal durch den Boden langsam durchtropfen.
4. Die in 1 %iger Zitronensäurelösung löslichen Kalimengen bestimmt nach der Methode BERJU. (Siehe Seite 94.)
5. Die nach der Methode SIGMOND löslichen Kalimengen. (Vergleiche Seite 93.)

Die Untersuchungen ergaben folgende Zahlen:

Boden	Gesamt-Kali %	Kali löslich in			
		10-%iger Salzsäure %	1 %iger Zitronensäure getropft ¹⁾ %	1 %iger Zitronensäure geschüttelt %	nach SIGMOND geschüttelt %
B. 9 Standenbühl	2.593	0.19	0.0062	0.0040	0.0045
B. 1 Rodenkirchen	1.635	0.16	0.0074	0.0061	—
B. 5 Geest-Gottberg	1.329	0.11	0.0075	0.0047	0.0084
B. 11 Nieder-Zwehren	1.801	0.09	0.0081	0.0057	0.0055
B. 12 Dahlem	1.413	0.07	0.0082	0.0075	0.0083

¹⁾ Die Zahlen sind die Werte des ersten Auszuges.

Hieraus berechnet sich, dass von 100 Teilen Gesamt-Kali löslich sind in:

Boden	10 %iger Salzsäure Teile	1 %iger Zitronen- säure getropft Teile	1 %iger Zitronen- säure ge- schüttelt Teile	nach SIEMOND ge- schüttelt Teile
B. 9 Standenbühl	7.3	0.239	0.154	0.174
B. 1 Rodenkirchen	9.8	0.453	0.373	—
B. 5 Geest-Gottberg	8.3	0.564	0.354	0.632
B. 11 Nieder-Zwehren	5.0	0.449	0.316	0.305
B. 12 Dahlem	5.0	0.581	0.531	0.588

Die Kaliverbindungen des Bodens sind also viel weniger in Zitronensäure löslich als die Phosphorsäureverbindungen.

Die nachstehende Tabelle enthält die Einzelwerte obiger Gehaltszahlen. Die römischen Ziffern bedeuten die einzelnen nacheinanderfolgenden Fraktionen.

Die Untersuchungen ergaben folgende Zahlen:

(Siehe die Tabelle auf S. 125.)

Vegetationsversuche 1914.

Die Vegetationsversuche, die wir mit den Böden ausführten, um den Wirkungswert des Bodenkalis festzustellen, wurden nach denselben Grundsätzen angesetzt, die wir bei unseren Phosphorsäureversuchen angewandt und beschrieben haben.

Es wurde also auch wieder bei einem Teil der Versuche der physikalische Charakter der Böden ausgeschaltet, indem gleiche Mengen Kali in Form der verschiedenen Böden mit verhältnismässig grossen Mengen Glassand vermischt wurden.

Von den einzelnen Böden wurden dem Glassand so grosse Mengen zugefügt, dass in den Gefässen 0.341 g Gesamt-Kali vorhanden waren.

Die Grösse und Art der Gefässe, sowie die Art der Füllung war dieselbe wie bei den Phosphorsäureversuchen, so dass auf die dort gemachten Angaben verwiesen werden kann.

Boden	Gesamt-Kali		Kali löslich in									
	Einzelbestimmung K ₂ O %	Mittel K ₂ O %	10 % iger Salzsäure		1 % ige Zinnchloridlösung geschüttelt		1 % ige Zinnchloridlösung geschüttelt		nach Sigmund geschüttelt		Mittel K ₂ O %	
			Einzelbestimmung K ₂ O %	Mittel K ₂ O %	Einzelbestimmung K ₂ O %	Mittel K ₂ O %	Einzelbestimmung K ₂ O %	Mittel K ₂ O %	Einzelbestimmung K ₂ O %	Mittel K ₂ O %		
B. 9 Standenbühl	a 0.2011 b 0.1876 c —	2.682 2.502 —	a 0.0368 b 0.0378	0.1840 0.1890	I. 0.0062 II. 0.0019 III. 0.0014 IV. 0.0015	—	0.004	0.004	0.0041 0.0049	0.0045		
	Mittel: 0.1944	2.592	0.0373	0.186.								
B. 1 Bodenkirchen	a 0.1229 b 0.1240 c 0.1209	1.639 1.654 1.613	a 0.0302 b 0.0320	0.1510 0.1600	I. 0.0074 II. 0.0037 III. 0.0033 IV. 0.0023 IV. 0.0067	0.0035	0.0061	0.0061	—	—		
	Mittel: 0.1226	1.635	0.0311	0.1555								
B. 5 Geest-Gottberg	a 0.1004 b 0.0982 c 0.1006	1.338 1.309 1.342	a 0.0223 b 0.0229	0.1115 0.1145	I. 0.0075 II. 0.0023 III. 0.0011 IV. 0.0014	—	0.0050 0.0044	0.0047	0.0096 0.0073	0.0084		
	Mittel: 0.0997	1.329	0.0226	0.1130								
B. 11 Nieder-Zwehren	a 0.1321 b 0.1372 c 0.1336	1.762 1.830 1.811	a 0.0200 b 0.0169	0.1000 0.0845	I. 0.0081 II. 0.0012 III. 0.0009 IV. 0.0056	—	0.0056 0.0058	0.0057	0.0060 0.0049	0.0055		
	Mittel: 0.1350	1.801	0.0184	0.0923								
B. 12 Dahlem	a 0.1045 b 0.1067 c 0.1066	1.394 1.423 1.422	a 0.0132 b 0.0134	0.0660 0.0670	I. 0.0069 II. 0.0096 III. 0.0023 IV. 0.0027	0.0082	0.0075 0.0074	0.0075	0.0084 0.0081	0.0083		
	Mittel: 0.1059	1.413	0.0133	0.0665								

Die Grunddüngung betrug:

für 1 kg Sand		für das Gefäß (8 kg Inhalt angenommen)
0.0875 g N	=	0.700 g N als Calciumnitrat,
0.0350 " "	=	0.280 " " } als Ammoniumbiphosphat,
0.0888 " P_2O_5	=	0.710 " P_2O_5
0.025 " $MgSO_4$	=	0.200 " als Magnesiumsulfat,
0.10 " $Fe(OH)_3$	=	0.800 " " Eisenhydroxyd,
1.0 " $CaCO_3$	=	8.00 " " kohlensaurer Kalk.

Als Differenzdüngung erhielten zwei Reihen:

für 1 kg Sand		für das Gefäß (7.3 kg Inhalt angenommen)
0.025 g K_2O	=	0.183 g K_2O als Kaliumchlorid,
0.050 " "	=	0.366 " " " " "

Der kohlensaure Kalk, sowie das Eisenhydroxyd und das Magnesiumsulfat wurden bei der Füllung der Gefäße in ganzer Menge dem Inhalte gegeben. Calciumnitrat, Ammoniumbiphosphat, sowie Kaliumchlorid wurden in Form von Lösungen gegeben, die Hälfte der vorgesehenen Gaben beim Füllen der Gefäße, der Rest später als Kopfdüngung. Gedüngt und gefüllt wurden die Gefäße am 4. April 1914.

Der Wassergehalt wurde wieder auf 60 % der vollen wasserhaltenden Kraft gehalten.

Der Versuchsplan gestaltete sich demnach so:

(Siehe die Tabelle auf S. 127).

Bei den Gefäßen 434/467 wurde der Boden nicht mit dem Sande gemischt, sondern auf denselben geschichtet. Die Menge des auf den Boden der Gefäße geschütteten Sandes wurde so bemessen, dass die Gefäße gerade voll wurden. Die Grunddüngung wurde bei diesen Versuchsreihen nur dem Boden, nicht dem Sande zugemischt.

Bei den Gefäßen 468/476 wurde Boden und Sand wieder gemischt.

Als Saatbett blieb immer die oberste Schicht des Gefäßinhaltes im Gewicht von 1 kg ungedüngt.

Vegetationsnotizen.

Die Einsaat fand am 7. April 1914 statt. Es wurde pro Gefäß 1 g italienisches Raigras eingesät. Der Aufgang erfolgte vom 17./18. April gleichmäßig auf allen Gefäßen.

30 April 1914. Die Pflänzchen der Gefäße Nr. 404—411 sind anscheinend ein wenig heller wie die übrigen Gefäße Nr. 412—476.

Versuchsplan.

Nummer der Gefäße	Inhalt der Gefäße	Kalidüngung
400—403	7.3 kg Sand	ohne Kali
404—407	7.3 kg Sand	0.183 g K_2O als KCl
408—411	7.3 "	0.366 " " " "
412—415	Boden Standenbühl 96 g + 7204 g Sand . . .	0.341 g K_2O im zugesetzten Boden
416—419	" Rodenkirchen 152 " + 7148 " . . .	0.341 " " " "
420—423	" Geest-Gottberg 187 " + 7113 " . . .	0.341 " " " "
424—428	" Nieder-Zwehren 138 " + 7162 " . . .	0.341 " " " "
429—433	" Dahlem 176 " + 7124 " . . .	0.341 " " " "
434—437	Boden Standenbühl 5000 g + 2 kg Sand . . .	129.55 g K_2O im zugesetzten Boden
438/39—441/42	" Rodenkirchen 5000 "	81.75 " " " "
460—463	" Geest-Gottberg 5000 " + 2 kg Sand . . .	66.45 " " " "
464—467	" Dahlem 5000 " + 3 "	70.60 " " " "
468—470	Boden Dahlem 5680 g + 2980 g Sand . . .	11.01 g K_2O im zugesetzten Boden
471—472	" " 3680 " + 4980 "	7.13 " " " "
473—474	" " 2680 " + 5980 "	5.19 " " " "
475—476	" " 1680 " + 6980 "	3.26 " " " "

Nachdüngung: Nr. 408—411 25 ccm KCl-Lösung; ferner sämtliche Gefässe Nr. 400—476 erhalten die zweite Hälfte und zwar 25 ccm $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$; die Magnesialösung war schon beim Füllen voll zugesetzt. Die Düngelösungen wurden in 300-Kölbchen abpipetiert, bis zur Marke mit Wasser aufgefüllt, gemischt und von unten den Böden zugeführt, mit ca. 200 ccm Wasser nachgespült.

5 Mai 1914. Die Nachdüngung ist den Pflänzchen nicht bekommen. Nr. 400—433 stehen jämmerlich, etwas besser Nr. 468—476; wenig erscheinen geschädigt Nr. 434—467. Also mit anderen Worten: Je sandiger die Bodenmischung war, desto schädlicher ist die Nachdüngung gewesen.

8.—9. Mai 1914. Die Grasnarbe wurde zerschnitten, die Oberfläche umgearbeitet und neu eingesät. 15. Mai 1914. Die Keime laufen gleichmässig auf.

28. Mai 1914. Zweite Einsaat gut gelungen. Eine Schädigung ist auf den KCl-Töpfen im Vergleich zu Nr. 400—403 bisher nicht zu sehen; im Vergleich mit den Gefässen Nr. 412 bis 433 zeigen diese ein freudigeres Wachstum. Nr. 434—476 zeigen einen kräftigen, üppigen Bestand.

29. Mai 1914. Infolge eines Unwetters ist reichlich Tropfwasser vom Zeltdach auf einzelne darunterstehende Gefässe geflossen, und zwar wurde dies beobachtet bei den Nr. 400, 401, 403, 405, 410, 416, 418, 424, 428, 430 (!), 433; bei den Gefässen 434—476 konnte infolge des üppigen Grasbestandes eine Schädigung nicht festgestellt werden, da die dichte Pflanzendecke den Tropfenfall gebrochen hatte. Ein Zugang von Tropfwasser hat aber auch hier bei einzelnen Gefässen sicher stattgefunden; da die Gewichte anderntags eine Zunahme aufwiesen.

9. Juni 1914. Auf den Gefässen Nr. 400—411 machen die Pflänzchen einen schwächeren Eindruck. Die Farbe ist gelblicher. In der Entwicklung treten die ungedüngten Gefässe gegenüber den mit KCl gedüngten sichtlich zurück. Die Reihen 412—476 sind normal. Der Pflanzenbestand ist gesund und üppig. Vornahme des ersten Schnittes.

22. Juni 1914. Pflanzenbestand normal. Der Nachwuchs der verschnittenen Pflanzen ist kräftig. Die Pflänzchen der Reihe 404—407 haben sich sichtlich erholt, die von 408—411 sind scheinbar heller geworden.

Die Pflänzchen der Gefässe Nr. 400—411 machen bis auf die hellere, bleichstüchtige Farbe einen guten Eindruck.

3. Juli 1914. Zweiter Schnitt.

31. Juli 1914. Der Nachwuchs war kräftig. Dritter Schnitt.

Im August liess der Nachwuchs nach, die Pflänzchen zeigten vielfach gelbliche Blätter.

14. September 1914. Vierter Schnitt nur bei Gefäss Nr. 434—476 und Abschluss des Versuchs.

Im Anschluss an diese Versuche wurden noch einige andere angesetzt, bei denen das Kali nicht als Kaliumchlorid, sondern als Kaliumsulfat gegeben wurde. Wir setzten diese Versuche an, als wir die Beobachtung machten (siehe obige Vegetationsnotizen), dass die Nachdüngung mit KCl unseren Pflanzen nicht bekommen war, um zu untersuchen, ob die Pflanzen das Sulfat besser vertragen als das Chlorid, und um zugleich eine nochmalige Kontrolle aller Kali-Versuche zu erlangen. Zu diesen Versuchen, die sonst in der gleichen Art, wie alle früheren, ausgeführt wurden, ist nur noch zu bemerken, dass sie in Zinkgefässen ohne Glaseinsatz angesetzt wurden, da wir über die letzteren nicht mehr verfügten. Die Zinkgefässe waren jedoch mit einem frischen Lackanstrich im Innern versehen.

Die Gefässe fassten 10200 g. Dementsprechend war also der Sandzusatz bei diesen Versuchen grösser als bei den früheren.

Die Grunddüngung wurde nur in halber Stärke gegeben, wie bei den früheren Versuchen.

Die Kalidüngung, und zwar sowohl die einfache, wie die doppelte Gabe, wurde sofort beim Füllen der Gefässe dem Inhalt zugesetzt.

Der Versuchsplan war folgender:

Nummer der Gefässe	Inhalt	Kalidüngung
226—229	Glassand	ohne Kali
230—233	"	mit 0.183 g K_2O als K_2SO_4
234—237	"	" 0.366 " " "
238—241	Boden Ständenbühl + Sand . .	" mit 0.341 g "Bodenkali"
242—245	" Rodenkirchen + Sand. . .	" " " "
246—249	" Geest-Gottberg + Sand . .	" " " "
250—253	" Nieder-Zwehren + Sand . .	" " " "
254—257	" Dahlem + Sand.	" " " "

Vegetationsnotizen.

Einsaat: am 23. Mai 1914. 1 g italienisches Raigras, gleichmässiger Aufgang am 30. Mai 1914.

29. Mai. Es ging ein Unwetter nieder. Tropfwasser vom Dach erhielten folgende Töpfe: Nr. 232, 234, 237.

10. Juni. Pflänzchen erschienen durchweg etwas dürrig; kein Unterschied zugunsten der Bodenzusätze zu bemerken.

Die mit K_2SO_4 gedüngten Gefässe zeigen keine Unterschiede im Verhältnis zu den anderen Reihen.

22. Juni. Pflanzen stehen gut; auch bei Reihe mit K_2SO_4 .

23. Juni. Pflanzen zeigen nichts aussergewöhnliches; ein Abfall der K_2SO_4 -Töpfe ist nicht zu sehen.

Ernte: I. Schnitt am 5. Juli 1914. II. Schnitt am 14. September 1914.

Die Versuchsergebnisse sind in den folgenden Tabellen zusammengestellt:

Tabelle XXI—XXIV (K_2O als KCl) enthalten die Einzelerträge des I.—IV. Schnittes der Gefässe 400—476 im lufttrockenen Zustande, sowie an Trockensubstanz.

Tabelle XXV—XXVIII (K_2O als KCl) enthalten die dazu gehörigen Mittel- und Mehrerträge, sowie den Gehalt der Ernte an Kali.

Tabelle XXIX und XXX (K_2O als K_2SO_4) enthalten die Einzel- und Mittelserträge der Gefässe Nr. 226—257 im lufttrockenen Zustande, sowie an Trockensubstanz.

Tabelle XXXIa und XXXIb enthalten die Zusammenstellung der Mittel- und Mehrerträge der Tabellen XXI—XXX.

Die Tabellen befinden sich am Schlusse der Arbeit.

Vegetationsversuche des Jahres 1915.

In dem Jahre 1915 wurden zur Ergänzung der bisherigen Versuche noch 2 Versuche durchgeführt.

Einmal wurden, um noch weiteres Beobachtungsmaterial zu gewinnen, neue Versuche mit den Böden Standenbühl, Rodenkirchen, Geest-Gottberg, Ndr.-Zwehren, Dahlem angesetzt. Zur „Düngung“ der Gefässe wurden wieder die früheren Mengen der Böden, die 0.341 g Kali enthalten, dem Sande zugesetzt und die Wirkung mit 0.183 bzw. 0.366 g K_2O in Form von Kaliumsulfat verglichen.

Als Grunddüngung erhielten diese Versuche in Anlehnung an die Veröffentlichungen von Krüger

0.700 g N als $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ in drei Gaben,
 1.016 " CaHPO_4 (gegeben beim Füllen der Gefässe),
 0.360 " MgSO_4 in 2 Gaben gegeben,
 0.808 " FeCl_3 in 2 Gaben gegeben.

Die Füllung und Düngung der Gefässe geschah am 30. März 1915.

Die Versuche zeigten folgende Gliederung:

Gefäss- Nummer	Inhalt der Gefässe	Kalidüngung
226—228	7000 g Sand	ohne Kali
229—231	7000 " "	0.183 g K_2O als K_2SO_4
232—234	7000 " "	0.366 " " "
235—237	96 g Boden Standenbühl + 6904 g Sand .	enthaltend 0.341 g K_2O
238—240	152 " " Rodenkirchen + 6848 g Sand .	" 0.341 " "
241—243	187 " " Geest-Gottberg + 6813 g Sand .	" 0.341 " "
244—246	138 " " Nieder-Zwehren + 6862 g Sand .	" 0.341 " "
247—249	176 " " Dablen + 6824 g Sand . . .	" 0.341 " "

Ausserdem wurden die Versuche Gefäss Nr. 434—467, welche 1914 angesetzt waren, je 5000 g der genannten Böden im unvermischten Zustande enthielten, fortgeführt, um zu sehen, ob diese Böden im natürlichen Zustande auf Kali reagierten oder nicht. Zu diesem Zweck erhielten je 2 Gefässe der 4 Vergleichsgefässe im Laufe der Vegetationsperiode eine Kalidüngung als Kopfdüngung.

Der Versuchsplan dieser Versuche hatte also folgendes Aussehen:

Nummer der Gefässe	Inhalt der Gefässe	Kalidüngung
434—435	Boden Standenbühl	ohne Kali
436—437	" " " " " " " " " " " "	mit "
438—439	" Rodenkirchen	ohne "
440—442	" " " " " " " " " " " "	mit "
460—461	" Geest-Gottberg	ohne "
462—463	" " " " " " " " " " " "	mit "
464—465	" Dahlem	ohne "
466—477	" " " " " " " " " " " "	mit "

Die Gefässe wurden zuerst mit Hafer als Hauptfrucht, nach Aberntung desselben mit italienischem Raigras bestellt.

Alles weitere über den Verlauf der Versuche zeigen die folgenden Vegetationsnotizen.

Vegetationsnotizen.

I. Hauptfrucht: Hafer.

Einsaat: Hafer am 22. April 1915. 2×15 angequollene Körner. Die Keime liefen gleichmässig vom 1.—2. Mai auf.

12. Mai. Die neu eingefüllten Gefässe Nr. 226—249 zeigen normale Pflanzen. Die mit K_2SO_4 gedüngten Reihen sind nicht geschädigt.

. Die Gefässe auf 15 Keime pro Gefäss vereinzelt.

19. Mai. Nr. 226 wurde durch Sturm stark beschädigt. Die meisten Pflänzchen sind geknickt worden. Erfahrungsgemäss wächst sich eine solche Schädigung wieder aus.

Die Pflanzen der Gefässe Nr. 226—463 zeigen normale Beschaffenheit. Die Pflanzen der Reihen Nr. 464—467 bekommen rotbraune Blattspitzen.

20. Mai. Nachdüngung: Es erhielten als Kopfdüngung teils von oben teils von unten unter kräftiger Nachspülung Gefäss Nr. 226—249 0.280 g N als $Ca(NO_3)_2$, 0.404 g $FeCl_3$, 0.180 g $MgSO_4$.

Gefäss Nr. 232—234 0.183 g K_2O als K_2SO_4 ; die Gefässe haben damit ihre vorgesehene doppelte Kaligabe erhalten.

Gefäss 434—476 0.280 g N als $Ca(NO_3)_2$.

Bei der Nachdüngung zeigte sich beim Nachspülen mit Wasser, dass die Luftzuführungsröhren der von 1914 übernommenen Gefässe entweder ganz oder teilweise verstopft waren. Es sind verstopft:

beide Röhren	eine Röhre
bei Nr. 467	bei Nr. 436
" " 463	" " 435
" " 434	" " 473
" " 475	" " 476

11. Juni. Nachdüngung: Alle Gefässe erhielten 0.14 g N als $Ca(NO_3)_2$.

17. Juni. Die diesjährige Art der Düngung hat sich vorzüglich bewährt. Die Pflanzen sind frisch und üppig entwickelt. Auch die doppelte Kaligabe Nr. 232—234 wurde gut und ohne sichtliche Schädigung vertragen.

Bei den Gefässen 226—249 zeigen die Pflanzen die ersten Rispen; bei 434—467 dagegen noch nicht. Eine Bestockung hat nirgends stattgefunden.

Es machen sich folgende Grössenunterschiede bemerkbar:

Reihe 226—228 ohne Kali, Pflanzen am kleinsten. Entsprechend der Düngung folgt aufsteigend Reihe 229—231, dann Reihe 232—234. Bei den Reihen 235—249 sind sichtliche Unterschiede nicht zu bemerken; vielleicht ist die Reihe 235—237 etwas besser als die anderen.

22. Juni. Die Rispen sind überall sichtbar.

28. Juni. Hafer grün geerntet.

II. Nachfrucht: Italienisches Raigras.

Nach der Aberntung wurden die Gefässe gelockert, die Wurzeln zerschnitten und untergebracht. So blieben die Gefässe einige Tage stehen.

3. Juli. Gefäss Nr. 228 war zuerst in der Keimung zurückgeblieben. Der Unterschied hat sich wieder ausgewachsen.

Nr. 231 musste noch einmal eingesät werden. Das ganze Gefäss wurde in den Brutschrank gestellt um die Keime zu treiben.

16. Juli. Nachdüngung: Alle Gefässe erhielten 0.28 g N als $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$.

Ferner erhielten eine Kopfdüngung mit 0.183 g K_2O als K_2SO_4 die Gefässe Nr. 436 und 437; 441 und 442; 462 und 463; 466 und 467.

22. Juli. Die jungen Pflänzchen haben auf den mit Sand gefüllten Töpfen anscheinend etwas gelitten. Die Blattspitzen krümmen sich und trocknen ab.

17. August. Erster Grasschnitt.

Bemerkt wurde auch hier, wie bei den Versuchen über P-ausnutzung, dass in der ersten Zeit nach der Graseinsaat die ungedüngten Gefässe am besten standen. Nach dem ersten Schnitt war die Erscheinung nicht mehr zu beobachten.

26. September. Alle Gefässe abgeerntet. Die einzelnen Schnitte wurden vereinigt. Die frühe Ernte rechtfertigte sich durch die ungünstige Witterung. Die Kulturen litten sichtlich unter der häufigen Überdachung.

Die Versuchsergebnisse sind in den Tabellen enthalten:

Tabelle Nr. XXXII enthält die Einzelerträge der Gefässe Nr. 226—249 an Hafer + Raigras im lufttrockenen Zustande und an Trockensubstanz.

Tabellen Nr. XXXIIIa und XXXIIIb enthalten die Mittel- und Mehrerträge dieser Ernten, sowie ihren Gehalt an Kali.

Tabelle Nr. XXXIV enthält die Einzelerträge der Gefässe Nr. 434—467 an Hafer + Raigras im lufttrockenen Zustande und an Trockensubstanz.

Tabellen Nr. XXXVa und XXXVb enthalten die Mittel- und Mehrerträge dieser Ernten, sowie ihren Gehalt an Kali.

Die Tabellen befinden sich am Schlusse der Arbeit.

Besprechung der Versuchsergebnisse.

Ein Vergleich der Ergebnisse derjenigen Versuche, die angestellt wurden, um den Wirkungswert gleicher Kalimengen in Form der verschiedenen Böden festzustellen, also die Versuchsreihen 400—433 sowie 226—257 aus dem Jahre 1914 und der Gefässe Nr. 226—249 aus dem Jahre 1915 ergibt, dass die einzelnen zusammengehörigen Vergleichsgefässe gut untereinander stimmen, so dass die Mittelzahlen den weiteren Betrachtungen zugrunde gelegt werden können.

Vergleich der relativen Löslichkeit des Bodenkalis und der durch das Bodenkali erzielten Mehrerträge.

Wir wollen nun, wie wir das bei der Besprechung der Phosphorsäureversuche getan haben, die nach den verschiedenen Methoden ermittelte relative Löslichkeit des Bodenkalis in Vergleich setzen mit seinem physiologischen Wirkungswert, wie er durch die Mehrernten zum Ausdruck gebracht wird.

Zunächst wollen wir den Prozentgehalt der Erden an in den verschiedenen Lösungsmitteln löslichem Kali mit den erzielten Mehrerträgen in Beziehung setzen.

Es ergibt sich dann folgendes:

Boden	Mehrerträge durch gleiche Mengen Bodenkali				Zusammen	In 100 g Boden sind vorhanden Kali löslich in					
	Ital. Raigras 1914 g	Ital. Raigras 1914 g	Hafer 1915 g	Raigras 1915 g		Gesamt-Kali	10 % HCl	1 % Zitronensäure geschüttelt	1 % Zitronensäure getropft	Salpetersäure nach Stenon	
Nieder-Zwehren .	4.9	1.66	—	0.76	7.32	1.80	0.09	0.0057	0.0081	0.0055	
Dahlem	5.4	2.38	—	0.78	8.56	1.41	0.07	0.0075	0.0082	0.0083	
Standenbühl .	5.84	2.84	0.45	1.41	10.54	2.59	0.19	0.0042	0.0062	0.0045	
Geest-Gottberg .	6.56	3.95	0.34	2.45	13.30	1.33	0.11	0.0047	0.0075	0.0084	
Rodenkirchen .	6.40	4.02	1.10	1.12	12.64	1.63	0.16	0.0061	0.0074	—	

Eine befriedigende Übereinstimmung zwischen dem Prozentgehalt der Böden an Kali und den Mehrerträgen ist also nicht festzustellen, wie nicht anders zu erwarten war.

Wenn wir die relative Löslichkeit des Bodenkalis in Vergleich setzen wollen mit seinem Nutzungswert, so können wir darauf verzichten, die relative Löslichkeit des Bodenkalis in Zitronensäure und sehr verdünnter Salpetersäure mit heranzuziehen, denn diese Werte sind zu gering, wie die Angaben auf Seite 123/124 zeigen, als dass sie zu solchen Vergleichen benutzt werden können.

Wir wollen uns also auf einen Vergleich der relativen Löslichkeit des Bodenkalis in 10 %iger Salzsäure und der Mehrerträge beschränken:

	Relative Löslichkeit des Bodenkalis in 10 % HCl %	Durch gleiche Teile Bodenkali erzielte Mehrerträge g
Nieder-Zwehren	5	7.32
Dahlem	5	8.56
Standenbühl	7.3	10.54
Geest-Gottberg	8.3	13.30
Rodenkirchen	10.0	12.64

Diese Versuche deuten daraufhin, dass, ebenso wie wir das hinsichtlich der Phosphorsäure feststellen konnten, auch hinsichtlich des physiologischen Wirkungswertes des Bodenkalis und seiner relativen Löslichkeit, wie sie sich analytisch zum Ausdruck bringen lässt, Beziehungen zu bestehen scheinen. Zur Bestimmung der relativen Löslichkeit des Bodenkalis scheinen sich aber schwach organische Säuren, wie z. B. 1 % Zitronensäure, oder sehr schwache Mineralsäuren, wie 1 % Salpetersäure, weniger gut zu eignen, wie mässig starke Säuren, wie z. B. 10 % Salzsäure.

Es ist aber notwendig, über diese Frage weitere Untersuchungen anzustellen.

Ergebnisse der Kalidüngung auf reinem (nicht mit Sand vermischtem) Boden.

Bei der Besprechung der Phosphorsäuredüngungsversuche konnten wir darlegen, dass die Versuche über die Wirkung einer Phosphorsäuredüngung auf den Böden in ihrer natürlichen Be-

schaffenheit zu dem Ergebnisse geführt hatten, dass die Wirkung der Phosphorsäuredüngung (mit einer Ausnahme) um so geringer war, je höher die relative Löslichkeit der Bodenphosphorsäure (vergl. S. 120). Wir haben in entsprechender Weise im Jahre 1915 auch Kalidüngungsversuche mit den unvermischten Böden angestellt (Gefässreihe 434—467). Eine Durchmusterung der Versuchsergebnisse zeigt, dass die Kalidüngung auf den Versuchsböden entweder gar keine oder nur unbedeutende Mehrerträge hervorgebracht hat, so dass von einem deutlich erkennbaren Düngungsbedürfnis der Böden für Kali nicht die Rede sein kann. Trotzdem weist der Prozentgehalt der Ernten an Kali grosse Unterschiede auf. So schwankte der Prozentgehalt des Hafers an Kali zwischen 0.484 % und 1.302 % und der Prozentgehalt des Raigrases an Kali zwischen 0.907 und 2.182 %. Der grösste Mehrertrag von allerdings nur 1.47 g ist auf dem Boden Rodenkirchen durch eine Kalidüngung erzeugt.

Aber es erübrigt sich, hieran weitere Erörterungen zu knüpfen, die sich nach mancher Richtung hin aufdrängen, da ein Vergleich der Einzelerträge der Gefässe Nr. 438—442 zeigt, dass die Mittelserträge bei diesem Boden verhältnismässig unsicher sind.¹⁾ So wurden geerntet:

	Hafer:	Raigras:
ohne Kali	9.81 g + 9.36 g	10.61 + 12.46
mit Kali	9.39 „ + 10.41 „	13.47 + 12.54

Ein Vergleich der relativen Löslichkeit des Bodenkalis mit der Grösse der Kaliwirkung bezw. des Düngungsbedürfnisses für Kali ist also bei diesen Versuchen nicht möglich.

Es ist noch von Interesse, die relative Löslichkeit des Bodenkalis zu vergleichen mit der Ausnutzung, die es durch die Pflanzen erfahren hat.

Zu diesem Vergleich können wir die Kalierten der Gefässe 412—433 aus dem Jahre 1914, sowie der Gefässe 235—249 aus dem Jahre 1915 heranziehen.

Zu der unten durchgeführten Rechnung ist jedoch zu bemerken, dass die Ausnutzungszahlen für das Bodenkali keine absoluten Werte, sondern nur Vergleichswerte darstellen, da bei den Kalierten der mit „Bodenkali“ gedüngten Gefässe nicht

¹⁾ Es kommt hinzu, dass bei diesen Versuchen nur je 2 Vergleichsgefässe vorhanden waren (siehe S. 131), während bei den übrigen Versuchen je 4 Kontrollversuche angesetzt wurden.

diejenige Kalimenge in Abzug gebracht wurde, die die Pflanzen aus dem Sande selbst aufgenommen haben. Das war nicht möglich, weil einige Analysen fehlten und nicht mehr nachgeholt werden konnten. Die Zahlen sind daher als Ausnutzungskoeffizienten viel zu hoch und können nur Vergleichswerte sein. Als solche dürften sie trotz des ihnen anhaftenden Fehlers brauchbar sein.

	Von 100 Teilen Kali löslich in 10 % HCl %	Von 100 Teilen Gesamtkali wurden bei einer gleichen Düngung von 0.341 g Bodenkali pro Gefäß durch die Pflanzen ausgenutzt im Jahre		Mehrerträge durch gleiche Mengen 0.341 g Bodenkali g
		1914	1915	
		%	%	
Nieder-Zwehren . .	5	21	21.7	7.32
Dahlem	5	23	22.5	8.56
Standenbühl . . .	7.3	23	26.4	10.54
Geest-Gottberg . .	8.3	27	32.3	13.30
Rodenkirchen . . .	10.0	24	27.5	12.64

Die Ausnutzung durch die Pflanzen geht also mit den Mehrerträgen Hand in Hand, mit Ausnahme des Bodens aus Rodenkirchen.

Weitere Versuche müssen diese Frage weiter klären und der Ausfall der bisherigen Ergebnisse ermuntert durchaus zu solchen Untersuchungen.

III. Die Löslichkeit der Nährstoffe in schweren und leichten Böden.

In der Literatur findet man meist die Angabe, dass die Bodennährstoffe K und P in den besseren Böden in schwerlöslicherem Zustande vorhanden sind als in den leichteren Böden.

Man stützt sich hinsichtlich des Kalis (wie z. B. SCHNEIDWIND in seinem Lehrbuch über die Ernährung der landw. Kulturpflanzen S. 190) auf die diesbezüglichen Versuche von WAGNER.

WAGNER fand folgendes:

a) Versuchspflanzen:	Rotklee, Bodenkali pro Gefäß g	Kartoffeln, Rüben, Aufgenommene Kalimenge g	Gerste, Aufgenommene Kalimenge %
Lehmboden	34.75	1.502	4.3
Lehmiger Sandboden	13.04	0.963	7.4
Sandboden	7.53	0.560	7.4

	b) Versuchspflanzen: Hafer, Erbsen. Wicken, Weizen. Roggen, Gerste.		
	Bodenkali	Aufgenommene	Aufgenommene
	pro Gefäss	Kalimenge	Kalimenge
	g	g	%
Lehmboden	11.54	0.520	4.5
Lehmiger Sandboden	4.34	0.373	8.6
Sandboden	2.51	0.265	10.6

	c) Versuchspflanze: Italienisches Raigras. (Dreijähriger Versuch.)		
	Bodenkali	Aufgenommene	Aufgenommene
	pro Gefäss	Kalimenge	Kalimenge
	g	g	%
Humusreicher Sandboden . .	0.976	0.643	65.9
Sandboden	2.623	1.447	55.2
Sandiger Lehmboden	4.169	2.375	57.0
Lehmboden	12.159	3.998	32.9
Sandiger Lehmboden	15.967	2.784	17.4
Lehmboden	11.786	2.199	18.7

An sich ist es gewiss möglich, dass in manchen leichteren Böden das Kali in löslicherem Zustande vorhanden ist als in schweren Böden, schon deshalb, weil die Verwitterung infolge des besseren Zutritts der Atmosphärien auf den erstgenannten Böden im allgemeinen wohl eine energischere ist.

Aber trotzdem wird man kaum allgemein den Satz aufstellen dürfen, „dass die Löslichkeit des Kalis der besseren Böden eine geringere ist als die des Kalis der leichteren Böden“ und die vorliegenden Versuche WAGNERS gestatten eine solche Schlussfolgerung nicht, wobei wir davon absehen wollen, dass bei den unter c angeführten Versuchen ein Lehmboden einmal eine bessere, das andere Mal eine schlechtere „Löslichkeit“ des Bodenkalis aufwies als ein sandiger Lehmboden. Diese Versuche zeigen zunächst nur, dass die Pflanzen aus den verschiedenen Böden verschieden grosse Mengen Kali aufgenommen haben, nicht aber ohne weiteres, dass das Kali in den leichteren Böden besser löslich ist als in den schweren Böden.

Das ergibt sich auch aus folgender Überlegung. Wir wollen annehmen, dass zwei Versuchsböden a und b soviel Kali enthalten, dass durch a 10 g Kali, durch b 20 g Kali in die Versuchsgefässe gelangen. Wir wollen ferner annehmen, dass die Löslichkeit des Bodenkalis bei beiden Böden gleich wäre, und dass die Pflanzen die Höchstmenge von Kali, die sie zu ihrer Entwicklung

brauchen, den beiden Böden entnehmen konnten, nämlich 3 g. Es ergibt sich daraus folgende Rechnung:

	Bodenkali pro Gefäß	Aufgenommene Kalimenge	Von 100 Teilen Bodenkali aufgenommen
Boden a	10 g	3 g	30 %
Boden b	20 „	3 „	15 „

Eine solche Rechnung gestattet also nur Rückschlüsse, in welchem Maße das Bodenkali ausgenutzt ist, nicht inwieweit es löslich ist. Es kommt hinzu, dass die Höhe der Ernteerträge auf Böden von verschiedenem Charakter ja nicht nur durch den verschiedenen Gehalt an Nährstoffen, sondern auch durch seine physikalischen Eigenschaften bedingt wird. Auf die Bedeutung dieses Punktes haben wir wiederholt hingewiesen. Daraus folgt weiter, dass auch aus diesem Grunde durch die einfache Ermittlung der auf verschiedenen Böden erzielten Ernten und der in ihnen enthaltenen Nährstoffmengen genaue Schlüsse auf die vorliegenden Löslichkeitsverhältnisse nicht gezogen werden können.

Wenn man genaueren Einblick in die Löslichkeitsverhältnisse der Bodennährstoffe gewinnen will, ist es jedenfalls zweckmässiger, so zu verfahren, dass man den Pflanzen gleiche Mengen davon zur Verfügung stellt und zudem bei den Versuchen die Verschiedenheit des physikalischen Charakters der Böden ausschaltet in der Weise, wie wir es getan haben.

Wenn wir demgemäss unsere Böden nach ihrem Gehalt an abschlämmbaren Teilen¹⁾ ordnen und damit die aus ihnen aufgenommenen Kalimengen²⁾ in Vergleich setzen, so ergibt sich folgendes:

	Gehalt an abschlamm- baren Teilen %	Bodenkali im Gefäß g	Aufgenommen durch die Pflanzen				Von 100 Teilen Bodenkali aufgenommen	
			1914		1915		1914 %	1915 %
			Rai- gras g	Hafer g	Rai- gras g			
Dahlem	13.04	0.341	0.0796	0.0466	0.0302	23	22.5	
Nieder-Zwehren	25.06	0.341	0.0717	0.0470	0.0269	21	21.7	
Geest-Gottberg	29.68	0.341	0.0931	0.0623	0.0478	27	32.3	
Rodenkirchen	35.46	0.341	0.0814	0.0630	0.0308	24	27.5	
Standenbühl	43.60	0.341	0.0789	0.0569	0.0330	23	26.4	

¹⁾ Dazu die Bemerkungen auf Seite 86.

²⁾ „ „ „ „ 137.

Wenn wir dagegen in derselben Weise die Versuche benutzen, die wir mit gleichen Mengen unvermischten Böden anstellten, so erhalten wir folgendes Bild:

	Gehalt an ab- schlamm- baren Stoffen %	Boden für Gefäss g	Kali im Gefäss g	Auf- genommen durch die Pflanzen Raigras g	Von 100 g Bodenkali auf- genommen %
Dahlem	13.04	5000	70.60	0.3021	0.43
Geest-Gottberg	29.68	5000	66.45	0.5091	0.76
Rodenkirchen	35.46	5000	81.75	0.4150	0.51
Standenbühl	43.60	5000	129.55	0.4528	0.35

Die Versuchsergebnisse der letzteren Tabelle, die in der bisher üblichen Weise gewonnen wurden, zeigen, dass die scheinbare Löslichkeit des Bodenkalis in den meisten Fällen mit zunehmendem Gehalt der Böden an abschlämmbaren Teilen, also seiner „Schwere“ abnimmt, und dass sie in allen Fällen um so kleiner ist, je grösser die Kalimenge in den Versuchsgefässen war.

Die Unterschiede in der graduellen Löslichkeit fallen aber fort, wenn man den Pflanzen gleiche Mengen Bodenkali zur Verfügung stellt und die physikalischen Unterschiede der Böden ausschaltet, wie das die erste Tabelle zeigt.

Die Annahme, dass die Kaliverbindungen in den besseren Böden schwerer löslich sind als in den leichten Böden kann daher auf Grund der bis jetzt vorliegenden Versuche als zutreffend nicht angesprochen werden.¹⁾

Eher trifft die Annahme zu, dass die Phosphorsäure auf den schwereren, also tonreicheren und meist wohl auch eisenreicheren Böden, eine geringere Löslichkeit besitzt als auf den leichten Böden.

¹⁾ Auch die Methode, nach der man heute das Aneignungsvermögen der verschiedenen Pflanzen für die Nährstoffe desselben oder verschiedener Böden zu bestimmen pflegt, ist nicht vollkommen einwandfrei.

Das ergibt sich auch im allgemeinen aus unseren Versuchen, wo wir den Pflanzen gleiche Mengen Phosphorsäure in Form verschiedener Böden darboten, wie folgende Übersicht zeigt:

	Boden 9 Standen- bühl	Boden 5 Geest- Gottberg	Boden 11 Nieder- Zwehren	Boden 12 Dahlem	Boden 1 Roden- kirchen
Mehrerträge	6.49 g	8.13 g	9.06 g	10.82 g	15.22 g
P ₂ O ₅ in Mehrerträgen .	10.50 mg	11.80 mg	13.2 mg	16.5 mg	22.60 mg
Von 100 Teilen Boden- phosphorsäure aufgen. durch die Pflanzen .					
Abschlämbbare Teile .	43.6 ‰	29.68 ‰	25.06 ‰	13.04 ‰	(35.46) ‰

Die Zusammenstellung lässt erkennen, dass im allgemeinen die Pflanzen aus gleichen Mengen Phosphorsäure in Form verschiedener Böden um so mehr Phosphorsäure aufgenommen haben, so geringer sein Gehalt an abschlämbbaren Bestandteilen ist. Eine Ausnahme bildet nur der Boden 1. Es scheint also ein Zusammenhang zu bestehen zwischen der Löslichkeit der Bodenphosphorsäure und dem Gehalt der abschlämbbaren Teile.

Jedenfalls sind weitere Versuche nach dieser Richtung hin erwünscht, um hierüber noch mehr Aufschluss zu gewinnen, da durch die Aufdeckung dieser Beziehungen vielleicht noch weitere Anhaltspunkte für die Beurteilung des Wirkungswertes der Bodennährstoffe gewonnen werden können.

IV. Die verschiedene Art der Nährstoffaufnahme der Pflanze aus Böden mit verschiedenem Nährstoffgehalt.

Im Anschluss hieran möchten wir noch kurz die Frage berühren, in welchem Maße die Nährstoffe des Bodens bei verschiedenem Gehalt im Boden ausgenutzt werden.

EMMERLING (Festschrift der Versuchsstation Kiel 1895, S. 195) hat sich s. Z. zu dieser Frage folgendermassen geäußert. „Im allgemeinen nimmt die Ausnutzung der Phosphorsäure des Bodens durch den oberirdischen Ertrag (Hafer) zu, wenn der bis zur Krumentiefe vorhandene Vorrat jenes Nährstoffs abnimmt, und umgekehrt. Es findet also ein Ausgleich statt, derart, dass Armut an Phosphorsäure durch stärkere Ausnutzung des vorhandenen Vorrates z. T. wieder ausgeglichen

wird. Es scheint, dass die Pflanzen unter dürftigen Bodenverhältnissen eine grössere Energie derjenigen Wurzeltätigkeit entfalten, durch welche die im Boden gebundenen Nährstoffe aufgenommen werden.“

Wir haben schon weiter oben darauf hingewiesen, dass die bessere Ausnutzung der Nährstoffe auf nährstoffarmen Böden mit der besseren Löslichkeit in keinem Zusammenhang zu stehen braucht.

EMMERLING vermutet, dass an dieser besseren Ausnutzung die Pflanzen aktiv beteiligt sind.

Es ist nun wahrscheinlich, dass die Pflanzen hierzu unter Umständen und bis zu einem gewissen Grade imstande sind, wie der eine von uns das bereits früher dargelegt hat.

Aber über die eventuelle Grösse der Steigerung des Aneignungsvermögens haben wir z. Z. keine Vorstellung.

Auch unsere vorliegenden Versuche, die ja nicht zur Prüfung dieser Frage angestellt worden sind, vermögen darauf eine bestimmte Antwort nicht zu geben.

Immerhin möchten wir nicht unterlassen, die Aufmerksamkeit auf die Versuchsreihen 510—517 (Tabellen IV—IX), sowie 468—476 (Tabelle XXXVI—XXXVII) zu lenken.

Bei diesen Versuchen wurde dieselbe Erde in verschiedenem „Verdünnungsgrade“ angewandt.

Da alle diese Versuche zu demselben Ergebnisse geführt haben, genügt es, nur eine der Tabellen, Nr. IV, zur Besprechung heranzuziehen.

Die Zahlen, die uns interessieren, sind folgende:

Gefäss- Nummer	Inhalt der Gefässe	Darin P_2O_5 g	Mittelerträge g	Mehrerträge g	Gehalt an P_2O_5 %	P_2O_5 in der Gesamternte g	P_2O_5 in der Mehrernte g	Ausnutzung der P_2O_5 %
477—480	7.3 kg Sand . . .	—	1.37	—	0.194	0.0027	—	—
481—484	„ „ „ . . .	0.183	6.23	4.86	0.680	0.0424	0.0397	21.7
485—488	„ „ „ . . .	0.366	5.54	4.17	0.911	0.0606	0.0478	13.1
506—509	237 g Boden + Sand	0.183	3.16	1.79	0.337	0.0106	0.0079	4.3
516—517	1000 „ „ + „	0.77	6.32	4.95	0.480	0.0303	0.0276	3.6[4.0]
514—515	2000 „ „ + „	1.55	7.40	6.03	0.636	0.0471	0.0444	2.9[3.0]
512—513	3000 „ „ + „	2.32	8.26	6.89	0.748	0.0618	0.0591	2.6[2.7]
510—511	5000 „ „ + „	3.86	8.04	6.67	0.851	0.0684	0.0657	1.7[1.8]

Hierzu ist zu bemerken, dass die Berechnung der Mehrerträge an Erntemasse, sowie an Phosphorsäure der Gefässe 510—517 nicht einwandfrei ist, da auch bei diesen Gefässen die Mehrwerte von 7.3 kg Sand in Abzug gebracht wurden, während sie in Wirklichkeit weniger Sand enthielten; aber für das Endergebnis macht diese Art der Berechnung nichts aus, wie das z. B. zum Ausdruck kommt in der Berechnung der Ausnutzung der Phosphorsäure. Die eingeklammerten Zahlen stellen die Ausnutzungskoeffizienten der Bodenphosphorsäure dar, die erhalten wurden unter der Annahme, dass die Pflanzen die ganze P_2O_5 nur dem Boden entnommen hätten.

Die Zahlen zeigen zunächst wieder, dass dieselbe Phosphorsäureform eine um so bessere Ausnutzung zeigt, je ärmer der Boden daran ist. Wir sehen dann weiter, dass die Pflanzen ihren Bedarf an P_2O_5 in den verschiedenen Versuchsreihen, auch dort wo die Höhe der Ernten nicht sehr abweichen, ganz verschieden deckten. Der Prozentgehalt der Pflanzen an P_2O_5 schwankt auf den Gefässen mit Bodenphosphorsäure zwischen 0.337 %—0.851 %.

Wenn wir nun einmal vergleichen, in welchem Verhältnis die Abnahme der Phosphorsäure im Boden steht zu der Abnahme an Erntemasse und dem Gehalt der Ernten an Phosphorsäure, so kommen wir zu folgenden Zahlen:

Nummer	Gehalt des Bodens an P_2O_5 in 7.3 kg %	Mehrertrag an Ernte g	Gehalt an P_2O_5 %	Mehrernte an P_2O_5 g
512—513	2.32	6.89	0.748	0.0591
514—515	1.55	6.03	0.636	0.044
516—517	0.77	4.95	0.480	0.0276
506—509	0.183	1.79	0.337	0.0079
512—513	100	100	100	100
514—515	66.8	87.5	85.0	74.5
516—517	33.2	71.8	64.2	46.9
506—509	7.9	25.7	45.1	13.3

Die Reihe 510/11 haben wir fortgelassen, weil hier Mehrerträge gegenüber der Reihe 512/13 nicht mehr eingetreten sind.

Wenn wir diese Verhältniszahlen überblicken, so sehen wir, dass der Gehalt der Boden an Phosphorsäure

schneller sinkt, als die von den Pflanzen aufgenommenen Phosphorsäuremengen, d. h. also, die Pflanzen haben die Phosphorsäuremengen der phosphorsäureärmeren Böden in der Tat, soweit die vorliegenden Versuche ein sicheres Urteil gestatten, relativ besser auszunutzen vermocht.

Eine Erklärung für diese Erscheinung lässt sich nicht unschwer erbringen. Einmal wissen wir, dass die Pflanzen ihr Wurzelsystem relativ um so reichlicher entwickeln, je geringere Nährstoffmengen im Boden vorhanden sind. Je grösser aber das Wurzelsystem, um so besser werden die Nährstoffe relativ ausgenutzt werden können.

Zweitens deuten Versuche, die man mit niederen Organismen angestellt hat, daraufhin, dass in solchen Fällen vielleicht auch grössere Säuremengen von den Pflanzenwurzeln ausgeschieden werden. —

Schlussbemerkung.

Es wäre gewiss verlockend, aus den obigen Versuchen Schlussfolgerungen abzuleiten, wie die Ergebnisse für die Beurteilung des Düngungszustandes vom Boden benutzt werden können. Man könnte z. B. daran denken, sogenannte Standardböden nach allen Richtungen, durch Düngungsversuche und mechanische wie chemische Analysen, durchzuuntersuchen und so Vergleichszahlen für die Beurteilung ähnlicher Böden zu schaffen.

Aber von solchen Darlegungen wollen wir Abstand nehmen; denn wir haben bereits in früheren Arbeiten wiederholt dargelegt, dass wir erst die Grundlagen noch viel mehr befestigen und erweitern müssen, bevor wir imstande sind, aus der chemischen Bodenanalyse sichere Schlüsse zu ziehen.

Die vorliegende Arbeit sollte lediglich diesem Zwecke dienen.

Zusammenfassung der wichtigeren Ergebnisse.

1. Durch die Bestimmung der relativen Löslichkeit der im Boden vorhandenen Phosphorsäure- und Kaliverbindungen scheint es in den meisten Fällen möglich zu sein, den physiologischen Wirkungswert dieser Nährstoffe zutreffend zum Ausdruck zu bringen.

Die Bestimmung der relativen Löslichkeit dieser Nährstoffe ist daher zu empfehlen zur Beurteilung der Böden.

Sie gibt eine bessere Vorstellung über den Wert dieser Bodennährstoffe als die alleinige Bestimmung des Prozentgehaltes des Bodens an Kali und Phosphorsäure in einem einzigen Lösungsmittel.

2. Zur Bestimmung der relativen Löslichkeit der Phosphorsäureverbindungen des Bodens hat sich von den geprüften Lösungsmitteln die 1 %ige Zitronensäure am besten bewährt. Die Auslaugung des Bodens kann erfolgen nach der Methode des ständigen Durchtropfens oder des Schüttelns.
 3. Zur Bestimmung der relativen Löslichkeit des Bodenkalis erwies sich die 1 %ige Zitronensäure als zu schwaches Lösungsmittel. Brauchbare Ergebnisse lieferte bei den vorliegenden Versuchen die 10 %ige Salzsäure.
 4. Wenn man den physiologischen Wirkungswert der in den Böden enthaltenen Nährstoffverbindungen an und für sich vergleichend studieren will, so muss man den Einfluss des physikalischen Charakters der Böden ausschalten. Das ist nach der von uns benutzten Methode möglich.
 5. Wenn man nach der von uns benutzten Methode die Löslichkeit der Nährstoffe in leichteren und schwereren Böden vergleicht, so ergibt sich, dass die Annahme, dass die Kaliverbindungen der besseren Böden schwerer löslich sind als die der leichteren Böden, nicht zutreffend ist.
Eher trifft diese Annahme für die Phosphorsäureverbindungen zu, was auf den höheren Gehalt der besseren Böden an Ton und Eisen zurückzuführen sein dürfte.
 6. Es scheint, dass die Pflanzen imstande sind, die Nährstoffe (Phosphorsäure) relativ um so besser ausnutzen zu können, je ärmer der Boden daran ist.
-

Tabelle I.

Versuchspflanze: Italienisches Raigras, I. Schnitt 1914.

Einzelserträge der Gefässe in lufttrockenem Zustande sowie an Trockensubstanz.

Bezeichnung der Gefässe	Düngung für je 1 Gefäss mit Phosphorsäure in Form von	Ernte von einem Gefäss (lufttrocken)	Gehalt der Ernte an Trockensubstanz	Ernte an Trockensubstanz von einem Gefäss	Mittelserträge an Trocken- substanz
Nr.		g	%	g	g
477	Ohne P_2O_5	1.55	91.14	1.41	
478		1.25	90.40	1.13	
479		1.48	89.82	1.33	
480		1.82	88.74	1.62	1.37
481	0.183 g P_2O_5 als $(NH_4)_2 HPO_4$	7.50	88.10	6.61	
482		7.03	88.34	6.21	
483		6.75	88.97	6.01	
484		6.90	88.10	6.08	6.23
485	0.366 g P_2O_5 als $(NH_4)_2 HPO_4$	6.68	88.95	5.94	
486		5.77	89.31	5.15	
487		6.85	88.53	6.06	
488		5.66	88.81	5.03	5.54
489	225 g Boden, Standenbühl II	2.27	89.65	2.04	
490		2.15	88.70	1.91	
491		1.92	88.50	1.70	
492		2.15	89.07	1.92	1.89
493	58 g Boden, Rodenkirchen I	3.30	88.25	2.91	
494		3.17	87.97	2.79	
495		3.13	88.42	2.77	
496		3.07	88.03	2.70	2.79
497	192 g Boden, Geest-Gottberg	2.19	89.12	1.95	
498		2.87	88.03	2.53	
499		2.20	88.48	1.95	
500		2.30	88.64	2.04	2.12
502	351 g Boden, Nieder-Zwehren	2.87	88.05	2.53	
503		2.60	87.98	2.29	
504		2.68	88.09	2.36	
505		2.70	87.48	2.56	2.38
506	237 g Boden, Dahlem G-Feld	3.43	88.85	3.05	
507		3.97	85.78	3.41	
508		3.40	86.41	2.94	
509		3.75	86.57	3.25	3.16
510	5000 g Boden, Dahlem G-Feld	9.10	88.28	8.03	
511		9.15	87.85	8.04	8.04

Tabelle I. Fortsetzung.

Bezeichnung der Gefässe	Düngung für je 1 Gefäß mit Phosphorsäure in Form von	Ernte von einem Gefäß (lufttrocken)	Gehalt der Ernte an Trockensubstanz	Ernte an Trockensubstanz von einem Gefäß	Mittelträge an Trocken- substanz
Nr.		g	%	g	g
512	3000 g Boden, Dahlem G-Feld	9.13	86.75	7.92	8.26
513		9.90	86.78	8.59	
514	2000 g Boden, Dahlem G-Feld	8.62	85.95	7.41	7.40
515		8.58	85.98	7.38	
516	1000 g Boden, Dahlem G-Feld	7.51	87.14	6.54	6.32
517		7.10	85.98	6.10	

Tabelle II.

Versuchspflanze: Italienisches Raigras, II. Schnitt 1914.

Einzelserträge der Gefässe im lufttrockenen Zustande sowie an Trockensubstanz.

477	Ohne P_2O_5	1.50	90.34	1.36	1.08
478		1.42	90.50	1.29	
479		0.78	90.58	0.71	
480		1.08	90.42	0.98	
481	0.183 g P_2O_5 als $(NH_4)_2 HPO_4$	7.12	89.36	6.36	6.74
482		7.55	89.44	6.75	
483		7.87	89.89	7.07	
484		7.55	89.75	6.78	
485	0.366 g P_2O_5 als $(NH_4)_2 HPO_4$	8.52	89.22	7.60	7.48
486		8.28	88.54	7.33	
487		7.75	89.57	6.94	
488		8.95	90.08	8.06	
489	225 g Boden, Standenbühl II	2.68	85.35	2.29	2.16
490		2.40	89.92	2.16	
491		2.23	89.38	1.99	
492		2.50	88.89	2.22	
493	58 g Boden, Rodenkirchen I	5.12	89.07	4.56	4.34
494		4.70	89.29	4.20	
495		4.83	88.56	4.28	
496		4.68	91.80	4.30	

Tabelle II. Fortsetzung.

Bezeichnung der Gefäße	Düngung für je 1 Gefäß mit Phosphorsäure in Form von	Ernte von einem Gefäß (lufttrocken)	Gehalt der Ernte an Trockensubstanz	Ernte an Trockensubstanz von einem Gefäß	Mittelträge an Trocken- substanz
Nr.		g	%	g	g
497	192 g Boden, Geest-Gottberg	2.93	89.68	2.63	2.57
498		2.97	89.33	2.65	
499		2.65	90.17	2.39	
500		2.90	90.44	2.62	
502	351 g Boden, Nieder-Zwehren	2.72	90.44	2.46	2.56
503		2.82	90.59	2.55	
504		3.05	90.91	2.77	
505		2.70	90.56	2.45	
506	237 g Boden, Dahlem G-Feld	3.92	89.33	3.50	3.79
507		4.55	89.08	4.05	
508		4.35	89.06	3.87	
509		4.20	89.24	3.75	
510	5000 g Boden, Dahlem G-Feld	8.18	89.98	7.36	7.42
511		8.30	89.98	7.47	
512	3000 g Boden, Dahlem G-Feld	5.53	90.51	5.01	5.34
513		6.27	90.34	5.66	
514	2000 g Boden, Dahlem G-Feld	5.90	90.05	5.31	5.22
515		5.70	89.99	5.13	
516	1000 g Boden, Dahlem G-Feld	6.55	89.96	5.89	5.84
517		6.40	90.33	5.78	

Tabelle III.

Versuchspflanze: Italienisches Raigras, III. Schnitt.

Einzelserträge der Gefäße im lufttrockenen Zustande sowie an Trockensubstanz.

477	Ohne P_2O_5	1.4	94.23	1.32	1.15
478		1.1	93.90	1.03	
479		1.2	95.22	1.14	
480		1.2	93.25	1.12	
481	0.183 g P_2O_5 als $(NH_4)_2 HPO_4$	3.5	93.03	3.26	3.21
482		3.4	93.20	3.17	
483		3.55	93.53	3.32	
484		3.3	93.37	3.08	

Tabelle III. Fortsetzung.

Bezeichnung der Gefäße	Düngung für je 1 Gefäß mit Phosphorsäure in Form von	Ernte von einem Gefäß (lufttrocken)	Gehalt der Ernte an Trockensubstanz	Ernte an Trockensubstanz von einem Gefäß	Mittelträge an Trocken- substanz
Nr.		g	%	g	g
485	0.366 g P_2O_5 als $(NH_4)_2HPO_4$	3.5	93.55	3.27	3.35
486		3.2	93.97	3.01	
487		3.5	93.48	3.27	
488		4.1	93.75	3.84	
489	225 g Boden, Standenbühl II	3.3	93.74	3.09	2.97
490		3.1	93.84	2.91	
491		3.2	93.50	2.99	
492		3.1	93.51	2.90	
493	58 g Boden, Rodenkirchen I	5.1	93.22	4.75	4.92
494		5.4	93.82	5.07	
495		5.4	93.80	5.07	
496		5.1	93.60	4.77	
497	192 g Boden, Geest-Gottberg	4.0	93.37	3.73	3.60
498		4.1	94.12	3.86	
499		3.5	93.49	3.27	
500		3.8	93.35	3.55	
502	351 g Boden, Nieder-Zwehren	3.4	93.92	3.19	2.88
503		2.65 ¹⁾	93.35	2.47	
504		3.1	92.96	2.88	
505		3.2	92.86	2.97	
506	237 g Boden, Dahlem G-Feld	3.5	92.16	3.23	3.59
507		4.4	92.51	4.07	
508		3.8	92.75	3.52	
509		3.8	92.64	3.52	
510	5000 g Boden, Dahlem G-Feld	4.5	92.88	4.18	4.13
511		4.4	92.58	4.07	
512	3000 g Boden, Dahlem G-Feld	3.2	93.18	2.98	3.26
513		3.8	92.84	3.53	
514	2000 g Boden, Dahlem G-Feld	3.0	93.01	2.79	2.75
515		2.9	93.25	2.70	
516	1000 g Boden, Dahlem G-Feld	3.1	92.54	2.87	2.79
517		2.9	93.08	2.70	

¹⁾ anormal.

Tabelle IV.
Versuchspflanze: Italienisches Raigras, I. Schnitt 1914.
Mittelträge und Gehalt der Ernten an Phosphorsäure.

Be- zeichnung der Gefäße	Düngung für je 1 Gefäß mit Phosphorsäure in Form von										Ausnutzung der P ₂ O ₅ des Düngers bezw. des Bodens in %
	Phosphorsäure	Mittelertträge an Trockensubstanz	Mehrertrag gegen ohne P ₂ O ₅	Gehalt der Krutensub- stanz (lufttrocken) an Trockensubstanz	Gehalt der Krutensub- stanz (lufttrocken) an Phosphorsäure	100 g Trockensubstanz enthält P ₂ O ₅ in	Die Trockenernte enthält P ₂ O ₅ in	P ₂ O ₅ in der Mehr- ernte			
Nr.	g	g	g	%	%	g	g	g	%	%	
477—480	—	1.37	—	90.03	0.175	0.194	0.0027	—	—	—	
481—484	0.183	6.23	4.86	88.38	0.601	0.680	0.0424	0.0397	21.7	21.7	
485—488	0.366	5.54	4.17	88.90	0.810	0.911	0.0506	0.0478	13.1	13.1	
Boden aus:											
489—492	0.183	1.89	0.52	88.98	0.212	0.238	0.0045	0.0018	0.98	0.98	
493—496	0.183	2.79	1.42	88.17	0.229	0.260	0.0073	0.0046	2.5	2.5	
497—500	0.183	2.12	0.75	88.57	0.215	0.243	0.0052	0.0025	1.4	1.4	
502—505	0.183	2.38	1.01	87.90	0.231	0.263	0.0063	0.0036	1.97	1.97	
506—509	0.183	3.16	1.79	86.90	0.293	0.337	0.0106	0.0079	4.3	4.3	
510—511	3.86	8.04	6.67	88.07	0.749	0.851	0.0684	—	—	—	
512—513	2.32	8.26	6.89	86.77	0.649	0.748	0.0618	—	—	—	
514—515	1.55	7.40	6.03	86.97	0.547	0.636	0.0471	—	—	—	
516—517	0.77	6.32	4.95	86.56	0.415	0.480	0.0303	—	—	—	

Tabelle V.
Versuchspflanze: Italienisches Raigras, II. Schnitt 1914.
Mittelträge und Gehalt der Ernten an Phosphorsäure.

Be- zeichnung der Gefäße	Nr.	Düngung für je 1 Gefäß mit Phosphorsäure in Form von	Phosphorsäure	Mittelträge an Trockensubstanz	Mehrertrag gegen ohne P_2O_5	Gehalt der Erntesub- stanz (trocken) an Trockensubstanz	Gehalt der Erntesub- stanz (trocken) an Phosphorsäure	100 g Trockensubstanz enthält P_2O_5 in	Die Trockenernte enthält P_2O_5 in	P_2O_5 in der Mehr- ernte	Ausnutzung der P_2O_5 des Düngers bzw. des Bodens in
			g	g	g	%	%	g	g	g	%
477—480		Ohne P_2O_5	—	1.08	—	90.46	0.134	0.148	0.0016	—	—
481—484		Ammoniumphosphat	0.183	6.74	5.66	89.61	0.425	0.474	0.0319	0.0303	16.6
485—488		"	0.366	7.48	6.40	89.35	0.529	0.592	0.0443	0.0427	11.7
		Boden aus:									
489—492		Standenbühl II (225 g)	0.183	2.16	1.08	88.39	0.213	0.241	0.0052	0.0036	1.97
493—496		Rodenkirchen I (58 g)	0.183	4.34	3.26	89.68	0.222	0.248	0.0108	0.0092	5.0
497—500		Geest-Gottberg (192 g)	0.183	2.57	1.49	89.91	0.239	0.266	0.0068	0.0052	2.9
502—505		Nieder-Zwehren (351 g)	0.183	2.66	1.48	90.63	0.168	0.185	0.0043	0.0027	1.5
506—509		Dahlem G-Feld (237 g)	0.183	3.79	2.71	89.18	0.196	0.220	0.0074	0.0058	3.2
510—511		Dahlem G-Feld 5000 g	3.86	7.42	6.34	89.98	0.721	0.801	0.0535	—	—
512—513		" 3000 "	2.32	5.34	4.26	90.43	0.727	0.804	0.0398	—	—
514—515		" 2000 "	1.55	5.22	4.14	90.02	0.670	0.744	0.0350	—	—
516—517		" 1000 "	0.77	5.84	4.76	90.15	0.385	0.427	0.0225	—	—

Tabelle VI.
Versuchspflanze: Italienisches Raigras, III. Schnitt 1914.
Mittelerträge und Gehalt der Ernten an Phosphorsäure.

Be- zeichnung der Gefäße	Düngung für je 1 Gefäß mit Phosphorsäure in Form von										Ausnutzung der P ₂ O ₅ des Düngers bzw. des Bodens in									
Nr.	Phosphorsäure	g	Mittelerträge an Trockensubstanz	g	Mehrtrag gegen ohne P ₂ O ₅	g	Gehalt der Krutensub- stanz (lufttrocken) an Trockensubstanz	%	Gehalt der Krutensub- stanz (lufttrocken) an Phosphorsäure	g	100 g Trockensubstanz enthält P ₂ O ₅ in	g	Die Trockenernte enthält P ₂ O ₅ in	g	P ₂ O ₅ in der Mehr- ernnte	g	Ausnutzung der P ₂ O ₅ des Düngers bzw. des Bodens in			
477—480	—	—	1.15	—	—	—	94.15	0.136	0.145	0.0017	0.0017	—	—	—	—	—	7.9			
481—484	0.183	3.21	3.21	2.06	2.06	93.28	93.28	0.469	0.503	0.0161	0.0161	0.0144	0.0144	0.0161	0.0144	0.0161	7.9			
485—488	0.366	3.35	3.35	2.20	2.20	93.69	93.69	0.718	0.766	0.0257	0.0257	0.0240	0.0240	0.0257	0.0240	0.0257	6.6			
Boden aus:																				
489—492	0.183	2.97	2.97	1.82	1.82	93.65	93.65	0.176	0.188	0.0056	0.0056	0.0039	0.0039	0.0056	0.0039	0.0056	2.1			
493—496	0.183	4.92	4.92	3.77	3.77	93.61	93.61	0.221	0.236	0.0116	0.0116	0.0099	0.0099	0.0116	0.0099	0.0116	5.4			
497—500	0.183	3.60	3.60	2.45	2.45	93.58	93.58	0.176	0.188	0.0068	0.0068	0.0051	0.0051	0.0068	0.0051	0.0068	2.8			
502—505	0.183	2.88	2.88	1.73	1.73	93.27	93.27	0.189	0.203	0.0058	0.0058	0.0041	0.0041	0.0058	0.0041	0.0058	2.3			
506—509	0.183	3.59	3.59	2.44	2.44	92.52	92.52	0.168	0.182	0.0065	0.0065	0.0048	0.0048	0.0065	0.0048	0.0065	2.6			
510—511	3.86	4.13	4.13	2.98	2.98	92.73	92.73	1.022	1.102	0.0455	0.0455	—	—	0.0455	—	—	—			
512—513	2.32	3.26	3.26	2.11	2.11	93.01	93.01	0.937	1.008	0.0329	0.0329	—	—	0.0329	—	—	—			
514—515	1.55	2.75	2.75	1.65	1.65	93.13	93.13	0.942	1.012	0.0278	0.0278	—	—	0.0278	—	—	—			
516—517	0.77	2.79	2.79	1.64	1.64	92.81	92.81	0.580	0.625	0.0174	0.0174	—	—	0.0174	—	—	—			

Tabelle VII.
Übersicht der Versuchsergebnisse des Jahres 1914.

Bezeichnung der Gefäße	Düngung für je 1 Gefäß mit Phosphorsäure in Form von	Phosphorsäure	Trockenernte im Mittel von je 4 Gefässen						P ₂ O ₅ in der Mehrerte						Ausnutzung der Phos- phorsäure des Düngers bezw. Bodens %	
			Schnitt						Schnitt							
			Gesamt						Gesamt							
			I	II	III	Gesamt			I	II	III	Gesamt				
Nr.		g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	
477—480	Ohne P ₂ O ₅	—	1.37	1.08	1.15	3.60			—	—	—	—	—	—	—	
481—484	Ammoniumphosphat	0.183	6.23	6.74	3.21	16.18			0.0397	0.0303	0.0144	0.0844			46.1	
485—488	"	0.366	5.54	7.48	3.35	16.37			0.0478	0.0427	0.0240	0.1145			31.3	
Boden aus:																
489—492	Standenbühl II (225 g)	0.183	1.89	2.16	2.97	7.02			0.0018	0.0036	0.0039	0.0093			5.1	
493—496	Rodenkirchen I (58 g)	0.183	2.79	4.34	4.92	12.05			0.0046	0.0092	0.0099	0.0237			13.0	
497—500	Geest-Gottberg (192 g)	0.183	2.12	2.57	3.60	8.29			0.0025	0.0052	0.0051	0.0128			7.0	
502—505	Nieder-Zwöhren (351 g)	0.183	2.38	2.56	2.88	7.82			0.0036	0.0027	0.0041	0.0104			5.7	
506—509	Dahlem G-Feld (237 g)	0.183	3.16	3.79	3.59	10.54			0.0079	0.0058	0.0048	0.0185			10.1	
510—511	Dahlem G-Feld 5000 g	3.86	8.04	7.42	4.13	19.59			0.0657	0.0519	0.0438	0.1614			—	
512—513	" 3000 "	2.32	8.26	5.34	3.26	16.86			0.0591	0.0372	0.0312	0.1275			—	
514—515	" 2000 "	1.55	7.40	5.22	2.80	15.42			0.0444	0.0334	0.0261	0.1039			—	
516—518	" 1000 "	0.77	6.32	5.84	2.79	14.95			0.0276	0.0209	0.0157	0.0642			—	

Tabelle VIII.

Versuchspflanze: Italienisches Raigras, I. Schnitt 1915.
(Nachwirkung).

Einzelserträge der Gefässe in lufttrockenem Zustande sowie an Trockensubstanz.

Bezeichnung der Gefässe	Düngung für je 1 Gefäss mit Phosphorsäure in Form von	Ernte von einem Gefäss (lufttrocken)	Gehalt der Ernte an Trockensubstanz	Ernte an Trockensubstanz von einem Gefäss	Mittelserträge an Trocken- substanz
Nr.		g	%	g	g
477	Ohne P_2O_5	2.8	96.2	2.69	2.53
478		2.7	94.20	2.54	
479		2.7	93.64	2.51	
480		2.5	94.20	2.36	
481	0.183 g P_2O_5 als $(NH_4)_2 HPO_4$	5.5	93.6	5.15	5.35
482		6.0	93.96	5.64	
483		5.5	93.75	5.16	
484		5.8	94.15	5.46	
485	0.366 g P_2O_5 als $(NH_4)_2 HPO_4$	5.3(?)	94.41	(5.00)	6.92
486		7.5	93.87	7.04	
487		7.6	93.94	7.14	
488		8.0	94.08	6.59	
489	225 g Boden, Staudenbühl II	4.1	94.23	3.86	3.84
490		3.8	94.30	3.58	
491		4.2	94.07	3.95	
492		4.2	94.66	3.98	
493	58 g Boden, Rodenkirchen I	6.0	94.39	5.66	5.99
494		6.7	93.95	6.29	
495		6.4	94.02	6.02	
496		6.4	93.75	6.00	
497	192 g Boden, Geest-Gottberg	4.4	93.51	4.11	4.34
498		4.8	94.15	4.52	
499		4.8	93.32	4.48	
500		4.5	94.12	4.24	
502	351 g Boden, Nieder-Zwehren	6.2	93.60	5.80	5.06
503		5.1	93.05	4.75	
504		5.4	93.47	5.05	
505		4.9	94.30	4.62	

Tabelle VIII. Fortsetzung.

Bezeichnung der Gefäße	Düngung für je 1 Gefäß mit Phosphorsäure in Form von	Ernte von einem Gefäß (lufttrocken)	Gehalt der Ernte an Trockensubstanz	Ernte an Trockensubstanz von einem Gefäß	Mittelträge an Trocken- substanz
Nr.		g	%	g	g
506	237 g Boden, Dahlem G-Feld	5.1	93.33	4.76	4.58
507		4.5	93.03	4.19	
508		4.8	93.70	4.50	
509		5.2	93.27	4.85	
510	5000 g Boden, Dahlem G-Feld	14.3	93.05	13.31	13.46
511		14.6	93.14	13.60	
512	3000 g Boden, Dahlem G-Feld	13.3	92.98	12.37	12.39
513		13.4	92.64	12.41	
514	2000 g Boden, Dahlem G-Feld	11.5	93.93	10.80	10.82
515		11.5	94.14	10.83	
516	1000 g Boden, Dahlem G-Feld	11.7	88.98	(10.41)	7.35(?)
517		7.9(?)	92.98	7.35	

Tabelle IX.

Versuchspflanze: Italienisches Raigras, II. Schnitt 1915
(Nachwirkung).

Einzelträge der Gefäße in lufttrockenem Zustande sowie an Trockensubstanz.

Bezeichnung der Gefäße	Düngung für je 1 Gefäß mit Phosphorsäure in Form von	Ernte von einem Gefäß (lufttrocken)	Gehalt der Ernte an Trockensubstanz	Ernte an Trockensubstanz von einem Gefäß	Mittelträge an Trocken- substanz	I/II
Nr.		g	%	g	g	
477	Ohne P_2O_5	1.25	89.92	1.12	1.16	3.69
478		1.4	90.72	1.27		
479		1.2	89.07	1.07		
480		1.3	90.26	1.17		
481	0.183 g P_2O_5 als $(NH_4)_2 HPO_4$	4.6	89.18	4.10	4.25	9.60
482		4.7	90.48	4.25		
483		4.55	90.61	4.12		
484		5.0	90.52	4.53		

Tabelle IX. Fortsetzung.

Bezeichnung der Gefässe	Düngung für je 1 Gefäß mit Phosphorsäure in Form von	Ernte von einem Gefäß (lufttrocken)	Gehalt der Ernte an Trockensubstanz	Ernte an Trockensubstanz von einem Gefäß	Mittelträge an Trocken- substanz	I/II
Nr.		g	%	g	g	
485	0.366 g P_2O_5 als $(NH_4)_2HPO_4$	6.3	90.50	5.70	5.52	12.44
486		6.0	89.89	5.39		
487		6.0	89.96	5.40		
488		6.2	90.18	5.59		
489	225 g Boden, Standenbühl II	3.3	89.87	2.97	2.92	6.76
490		3.3	89.22	2.94		
491		3.25	89.38	2.90		
492		3.20	89.92	2.88		
493	58 g Boden, Rodenkirchen I	4.5	89.70	4.04	4.47	10.46
494		5.4	89.83	4.85		
495		5.05	89.24	4.51		
496		5.0	89.24	4.46		
497	192 g Boden, Geest-Gottberg	2.9	89.00	2.58	2.79	7.13
498		3.0	89.10	2.67		
499		3.7	89.36	3.31		
500		2.9	89.13	2.58		
502	351 g Boden, Nieder-Zwehren	4.0	89.61	3.58	3.47	8.53
503		3.9	90.76	3.54		
504		3.5	89.90	3.15		
505		4.0	89.83	3.59		
506	237 g Boden, Dahlem G-Feld	3.0	89.28	2.68	2.99	7.57
507		3.1	89.80	2.78		
508		3.3	89.21	2.94		
509		4.0	88.91	3.56		
510	5000 g Boden, Dahlem G-Feld	11.6	91.39	10.60	10.13	23.59
511		10.8	89.49	9.66		
512	3000 g Boden, Dahlem G-Feld	10.0	89.78	8.98	9.04	21.49
513		10.1	90.15	9.11		
514	2000 g Boden, Dahlem G-Feld	9.2	90.0	8.28	7.90	18.72
515		8.3	90.45	7.51		
516	1000 g Boden, Dahlem G-Feld	7.5	90.93	6.82	6.49	16.90
517		6.8	90.55	6.16		

Tabelle X.
Versuchspflanze: Italienisches Raigras, I. und II. Schnitt 1915.
Mittelerträge und Gehalt der Ernten an Phosphorsäure.

Be- zeichnung der Gefäße	Nr.	Düngung für je 1 Gefäß mit Phosphorsäure in Form von	Mittelerträge an Trocken- substanz		g an Trockensubstanz I. und II. Schnitt	g Mehrertrag gegen ohne P ₂ O ₅	o/o (Gehalt der Krutensub- stanz (lufttrocken) an Trockensubstanz)	g 100 g Trockensubstanz enthält P ₂ O ₅ in	g Die Trockenernte enthält P ₂ O ₅ in	g P ₂ O ₅ in der Mehr- ernte	Ausnutzung der P ₂ O ₅ des Düngers bezw. des Bodens in
			I. Schnitt	II. Schnitt							
477—480		Ohne P ₂ O ₅	2.53	1.16	3.69	—	94.58	0.151	0.160	0.0059	—
481—484		Ammoniumphosphatgedüngt 1914	5.35	4.25	9.60	5.91	93.84	0.215	0.229	0.0220	8.8
485—488		" " "	6.92	5.52	12.44	8.75	93.55	0.262	0.280	0.0348	7.9
Boden aus:											
489—492		Standenbühl II (225 g)	3.84	2.92	6.76	3.07	93.86	0.217	0.231	0.0156	5.3
493—496		Rodenkirchen I (58 g)	5.99	4.47	10.46	6.77	93.15	0.206	0.221	0.0231	9.4
497—500		Geest-Gottberg (192 g)	4.34	2.79	7.13	3.44	93.47	0.191	0.204	0.0145	4.7
502—505		Nieder-Zwehren (351 g)	5.06	3.47	8.53	3.84	93.06	0.211	0.227	0.0194	7.4
506—509		Dahlem G-Feld (237 g)	4.58	2.99	7.57	3.88	93.08	0.213	0.229	0.0173	6.2
510—511		Dahlem G-Feld 5000 g	13.46	10.13	23.59	19.90	92.99	0.662	0.712	0.1680	—
512—513		" " 3000 "	12.39	9.1	21.49	17.80	93.23	0.506	0.543	0.1167	—
514—516		" " 2000 "	10.82	7.9	18.72	15.03	93.35	0.456	0.489	0.0915	—
516—517		" " 1000 "	10.41(?)	6.49	16.90	13.21	93.42	0.347	0.372	0.0629	—

Ta-
Übersicht der Versuchs-

Be- zeichnung der Gefäße Nr.	Düngung für je 1 Gefäß mit Phosphorsäure in Form von	Phosphorsäure g	1914				Mehrertrag g
			Trockenernte im Mittel von je 4 Gefäßen				
			Schnitt				
			I g	II g	III g	Gesamt g	
477—480	Ohne P_2O_5	—	1.37	1.08	1.15	3.60	—
481—484	Ammoniumphosphat	0.183	6.23	6.74	3.21	16.18	12.58
485—488	"	0.366	5.54	7.48	3.35	16.37	12.77
Boden aus:							
486—492	Standenbühl II (225 g) . .	0.183	1.89	2.16	2.97	7.02	3.42
493—496	Rodenkirchen I (58 g) . .	0.183	2.79	4.34	4.92	12.05	8.45
497—500	Geest-Gottberg (192 g) . .	0.183	2.12	2.57	3.60	8.29	4.69
502—505	Nieder-Zwehren (351 g) . .	0.183	2.38	2.56	2.88	7.82	4.22
506—509	Dahlem G-Feld (237 g) . .	0.183	3.16	3.79	3.59	10.54	6.94
510—511	Dahlem G-Feld 5000 g . .	3.86	8.04	7.42	4.13	19.59	15.99
512—513	" " 3000 " . .	2.32	8.26	5.34	3.26	16.86	13.26
514—515	" " 2000 " . .	1.55	7.40	5.22	2.80	15.42	11.82
516—517	" " 1000 " . .	0.77	6.32	5.84	2.79	14.95	11.35

Ta-
Versuchspflanze: Hafer, grün
Einzelerträge der Gefäße in lufttrockenem

Bezeichnung der Gefäße Nr.	Düngung für je 1 Gefäß mit Phosphorsäure in Form von	Ernte von einem Gefäß (lufttrocken)	Gehalt der Ernte an Trockensubstanz	Ernte an Trockensubstanz von einem Gefäß	Mittelerträge an Trocken- substanz
		g	%	g	g
277	Ohne P_2O_5	2.6	92.80	2.40	2.31
278		2.6	93.00	2.42	
279		2.3	91.40	2.10	
280	0.183 g P_2O_5 als $CaHPO_4$	5.2	90.60	4.71	4.76
281		5.2	89.63	4.66	
282		5.5	89.29	4.91	
283	0.366 g P_2O_5 als $CaHPO_4$	6.6	92.15	6.08	5.31
284		5.9	92.00	5.43	
285		4.8	91.95	4.41	

Tabelle XI.

Ergebnisse der Jahre 1914 und 1915.

P ₂ O ₅ in der Mehrernte				Ausnutzung der Phosphorsäure des Düngers bezw. Bodens %	1915 Trockenernte im Mittel von je 4 Gefäßen			Mehrertrag P ₂ O ₅ in der Mehrernte Ausnutzung der Phosphorsäure des Düngers bezw. Bodens %	Mehrertrag an Erntesubstanz in den Jahren 1914 + 1915		
Schnitt					Schnitt						
I g	II g	III g	Gesamt g		I g	II g	Gesamt g				
—	—	—	—	—	2.53	1.16	3.69	—	—	—	—
0.0397	0.0303	0.0144	0.0844	46.1	5.35	4.25	9.60	5.91	0.0161	8.8	—
0.0478	0.0427	0.0240	0.1145	31.3	6.92	5.52	12.44	8.75	0.0289	7.9	—
0.0018	0.0036	0.0039	0.0093	5.1	3.84	2.92	6.76	3.07	0.0097	5.3	6.49
0.0046	0.0092	0.0099	0.0237	13.0	5.99	4.47	10.46	6.77	0.0172	9.4	15.22
0.0025	0.0052	0.0051	0.0128	7.0	4.34	2.79	7.13	3.44	0.0086	4.7	8.13
0.0036	0.0027	0.0041	0.0104	5.7	5.06	3.47	8.53	4.84	0.0135	7.4	9.06
0.0079	0.0058	0.0048	0.0185	10.1	4.58	2.99	7.57	3.88	0.0114	6.2	10.82
0.0657	0.0519	0.0438	0.1614	—	13.46	10.13	23.59	19.90	0.1621	—	—
0.0591	0.0372	0.0312	0.1275	—	12.39	9.1	21.49	17.80	0.1108	—	—
5.0444	0.0334	0.0261	0.1039	—	10.82	7.9	18.72	15.03	0.0856	—	—
0.0276	0.0209	0.0157	0.0642	—	10.41 (?)	6.49	16.90	13.21	0.0570	—	—

Tabelle XII a.

geerntet, I. Schnitt 1915.

Zustände sowie an Trockensubstanz.

Bezeichnung der Gefäße	Düngung für je 1 Gefäß mit Phosphorsäure in Form von	Ernte von einem Gefäß (lufttrocken)	Gehalt der Ernte an Trockensubstanz	Ernte an Trockensubstanz von einem Gefäß	Mittelerträge an Trocken- substanz
Nr.		g	%	g	g
286	Boden aus Rettgau	3.4	93.00	3.16	2.68
287		2.9	92.21	2.67	
288		2.4	92.40	2.22	
289	Boden von PRÜFER	3.7	92.90	3.44	3.18
290		3.2	92.06	2.95	
291		3.4	92.60	3.15	
292	Boden aus Potsdam I	2.3	91.40	2.10	2.07
293		2.3	91.70	2.11	
294		2.2	91.25	2.01	

Tabelle XII a. Fortsetzung.

Bezeichnung der Gefäße	Düngung für je 1 Gefäß mit Phosphorsäure in Form von	Ernte von einem Gefäß (lufttrocken)	Gehalt der Ernte an Trockensubstanz	Ernte an Trockensubstanz von einem Gefäß	Mittelträge an Trocken- substanz
Nr.		g	%	g	g
295	Boden von Boche (Dahme)	2.5	92.50	2.31	2.29
296		2.3	91.20	2.10	
297		2.7	91.17	2.46	
298	Boden aus Dahlem G-Feld 1915	3.7	92.06	3.41	3.36
299		3.0	92.70	2.78	
300		4.2	92.60	3.89	
400	Boden aus Rodenkirchen II	3.8	91.68	3.48	3.63
401		3.9	90.92	3.55	
402		4.2	91.70	3.85	
403	Boden aus Standenbühl I	2.6	91.84	2.39	3.27
404		4.4	90.81	4.00	
405		3.8	90.24	3.43	
406	Boden aus Birkenmoor	2.9	90.98	2.64	2.47
407		2.8	91.74	2.57	
408		2.4	92.00	2.21	
409	Boden aus Ober-Zwehren	2.4	90.52	2.17	2.38
410		2.6	91.70	3.38	
411		2.9	89.26	2.59	
412	Boden aus Udars	2.8	92.06	2.58	2.78
413		3.6	91.70	3.30	
414		2.7	91.00	2.46	
415	Boden aus Königsberg i. N.	3.9	90.51	3.53	2.86
416		2.7	91.04	2.46	
417		2.8	92.10	2.58	

Tabelle XII b.

Versuchspflanze: Hafer, grün geerntet, I. Schnitt 1915.

Einzelträge der Gefäße in lufttrockenem Zustande sowie an Trockensubstanz.

418	Boden aus Zielenzig	4.2	90.96	3.82	3.66
419		3.6	90.60	3.26	
420		4.3	90.80	3.90	
421	Boden aus Wittstock	4.5	89.97	4.05	4.12
422		4.9	91.60	4.49	
423		4.2	90.80	3.81	
424	Boden aus Schwiebus	3.2	90.25	2.89	3.01
425		3.5	90.40	3.16	
426		3.3	90.60	2.99	
427	Boden von Куиник, Hauptschlag II	4.3	90.96	3.91	3.57
428		3.4	89.86	3.06	
429		4.1	91.18	3.74	

Tabelle XIII a.
Versuchspflanze: Hafer, grün geerntet, I. Schnitt 1915.
Mittelträge und Gehalt der Ernten an Phosphorsäure.

Bezeichnung der Gefäße	Nr.	Düngung für je 1 Gefäß mit Phosphorsäure in Form von	Phosphorsäure	Mittelträge an Trockensubstanz	Mehrertrag gegen ohne P_2O_5	Gehalt der Erntesubstanz (Lufttrocken) an Trockensubstanz	Gehalt der Erntesubstanz (Lufttrocken) an Phosphorsäure	100 g Trockensubstanz enthält P_2O_5 in	Die Trockenernte enthält P_2O_5 in	P_2O_5 in der Mehr- ernte	Ausnutzung der P_2O_5 des Düngers bezw. des Bodens in %
			g	g	g	%	%	g	g	g	%
277—279		Ohne P_2O_5	—	2.31	—	92.23	0.235	0.255	0.0059	—	—
280—282		$CaHPO_4$	0.183	4.76	2.45	89.84	0.430	0.479	0.0228	0.0169	9.2
283—286		"	0.366	5.31	3.00	92.03	0.535	0.581	0.0309	0.0250	—
286—288		Boden aus Rettgau	0.183	2.68	0.37	92.54	0.235	0.254	0.0068	0.0009	0.5
289—291		" von Patzen	0.183	3.18	0.87	92.52	0.317	0.343	0.0109	0.0050	2.7
292—294		" aus Potsdam	0.183	2.07	—	91.45	0.223	0.244	0.0051	—	—
295—297		" von Boche	0.183	2.29	—	91.62	0.264	0.288	0.0066	0.0007	0.4
298—300		" aus Dahlem (G-Feld 1915) . .	0.183	3.36	1.05	92.15	0.414	0.449	0.0151	0.0092	5.0

Tabelle XIII b.

Versuchspflanze: Hafer, grün geerntet, I. Schnitt 1915.

Mittelträge und Gehalt der Ernten an Phosphorsäure.

Bezeichnung der Gefäße	Düngung für je 1 Gefäß mit Phosphorsäure in Form von									
	Phosphorsäure	Mittelträge an Trockensubstanz	Mehrertrag gegen ohne P_2O_5	Gehalt der Krutesub- stanz (Lufttrocken) an Trockensubstanz	Gehalt der Krutesub- stanz (Lufttrocken) an Phosphorsäure	100 g Trockensubstanz enthält P_2O_5 in	Die Trockenernte ent- hält P_2O_5 in	P_2O_5 in der Mehr- ernte	Ausnutzung der P_2O_5 des Düngers bezw. des Bodens in	
Nr.	g	g	g	%	%	g	g	g	%	
400—402	Boden aus Rodenkirchen II	0.183	3.63	1.32	91.43	0.270	0.295	0.0107	0.0048	2.6
403—405	" " Standenbühl I	0.183	3.27	0.96	90.96	0.270	0.297	0.0097	0.0038	2.1
406—408	" " Birkenmoor	0.183	2.47	0.16	91.57	0.220	0.240	0.0059	—	—
409—411	" " Ober-Zwehren	0.183	2.38	0.07	90.49	0.237	0.262	0.0062	0.0003	0.2
412—414	" " Udars	0.183	2.78	0.47	91.59	0.268	0.293	0.0081	0.0022	1.2
415—417	Boden aus Königsberg : N.	0.183	2.86	0.55	91.22	0.324	0.355	0.0101	0.0042	2.3
418—420	" " Zielenzig	0.183	3.66	1.35	90.79	0.313	0.345	0.0126	0.0067	3.7
421—423	" " Wittstock	0.183	4.12	1.81	90.79	0.321	0.354	0.0146	0.0087	4.8
424—426	" " Schwiebus	0.183	3.01	0.70	90.42	0.339	0.375	0.0113	0.0054	3.0
427—429	Boden von KUNKE, Hauptschlag II	0.183	3.57	1.26	90.67	0.287	0.317	0.0113	0.0054	3.0

Tabelle XIVa.

Versuchspflanze: Italienisches Raigras, Ernte 1915 (Nachfrucht).
 Einzelerträge der Gefässe in lufttrockenem Zustande sowie an Trockensubstanz.

Bezeichnung der Gefässe	Düngung für je 1 Gefäss mit Phosphorsäure in Form von	Ernte von einem Gefäss (lufttrocken)	Gehalt der Ernte an Trockensubstanz	Ernte an Trockensubstanz von einem Gefäss	Mittel- erträge an Trocken- substanz
Nr.		g	%	g	g
277	Ohne P_2O_5	3.3	93.28	3.08	3.13
278		3.4	92.65	3.15	
279		3.4	92.79	3.15	
280	0.183 g P_2O_5 als $CaHPO_4$	6.6	93.09	6.14	6.40
281		6.1	93.92	5.73	
282		7.8	93.81	7.32	
283	0.366 g P_2O_5 als $CaHPO_4$	7.9	93.08	7.35	7.29
284		8.2	92.91	7.62	
285		7.4	93.05	6.89	
286	Boden aus Rettgau	5.2	92.61	4.82	4.49
287		4.9	92.88	4.55	
288		4.4	92.88	4.09	
289	Boden von PRÜFFER	5.6	93.26	5.22	4.94
290		5.0	93.19	4.66	
291		5.3	93.49	4.95	
292	Boden aus Potsdam I	3.7	93.14	3.45	3.54
293		3.8	92.78	3.53	
294		3.9	93.12	3.63	
295	Boden von Boche (Dahme)	4.9	93.16	4.56	4.33
296		4.8	92.51	4.44	
297		4.3	92.81	3.99	
298	Boden aus Dahlem, G-Feld 1915	7.3	92.92	6.78	6.87
299		7.7	92.97	7.16	
300		7.2	92.66	6.67	
400	Boden aus Rodenkirchen II	5.8	93.45	5.42	5.51
401		5.9	93.49	5.52	
402		6.0	93.15	5.59	
403	Boden aus Standenbühl I	5.2	93.02	4.84	4.71
404		4.9	92.97	4.56	
405		5.1	92.48	4.72	

Tabelle XIVa. Fortsetzung.

Bezeichnung der Gefäße	Düngung für je 1 Gefäß mit Phosphorsäure in Form von	Ernte von einem Gefäß (lufttrocken)	Gehalt der Ernte an Trockensubstanz	Ernte an Trockensubstanz von einem Gefäß	Mittelträge an Trocken- substanz
Nr.		g	%	g	g
406	Boden aus Birkenmoor	4.0	93.33	3.73	3.79
407		4.1	92.91	3.81	
408		4.1	93.50	3.83	
409	Boden aus Ober-Zwehren	4.1	92.04	3.77	3.88
410		4.0	93.07	3.72	
411		4.5	92.50	4.16	
412	Boden aus Udars	4.55	92.51	4.21	4.25
413		4.6	92.24	4.24	
414		4.65	92.73	4.31	
415	Boden aus Königsberg i. N.	4.5	93.32	4.20	4.28
416		4.7	93.18	4.38	
417		4.6	92.79	4.27	

Tabelle XIV b.

Versuchspflanze: Italienisches Raigras, Ernte 1915 (Nachfrucht).

Einzelträge der Gefäße in lufttrockenem Zustande sowie an
Trockensubstanz.

418	Boden aus Zielenzig	6.0	93.32	5.54	5.45
419		5.9	92.35	5.45	
420		5.8	92.24	5.35	
421	Boden aus Wittstock	6.7	92.71	6.21	5.87
422		6.2	92.54	5.74	
423		6.1	92.64	5.65	
424	Boden aus Schwiebus	6.0	92.65	5.56	5.40
425		5.8	92.70	5.38	
426		5.7	92.26	5.28	
427	Boden von KUNKE, Hauptschlag II	5.6	92.33	5.17	5.32
428		5.95	92.80	5.52	
429		5.7	92.29	5.28	

Tabelle XVa.
Versuchspflanze: Italienisches Raigras, Ernte 1916 (Nachfrucht).
Mittelträge und Gehalt der Ernten an Phosphorsäure.

Be- zeichnung der Gefäße	Düngung für je 1 Gefäß mit Phosphorsäure in Form von									
	Phosphorsäure	Mittelträge an Trockensubstanz	Mehrertrag gegen ohne P_2O_5	Gehalt der Erntesub- stanz (Infr trocken) an Trockensubstanz	Gehalt der Erntesub- stanz (Infr trocken) an Phosphorsäure	100 g Trockensubstanz enthält P_2O_5 in	Die Trockenernte enthält P_2O_5 in	P_2O_5 in der Mehr- ernte	Ausnutzung der P_2O_5 des Düngers bezw. des Bodens in	
Nr.	g	g	g	%	%	g	g	g	%	
277—279	—	3.13	—	92.91	0.264	0.284	0.0089	—	—	
280—282	0.183	6.40	3.27	93.61	0.413	0.441	0.0282	0.0193	10.5	
283—285	0.366	7.29	4.16	93.01	0.504	0.542	0.0395	0.0306	8.4	
286—288	0.183	4.49	1.36	92.79	0.287	0.309	0.0139	0.0050	2.7	
289—291	0.183	4.94	1.81	93.31	0.303	0.325	0.0161	0.0072	3.9	
292—294	0.183	3.54	0.41	93.01	0.257	0.276	0.0098	0.0009	0.5	
295—297	0.183	4.33	1.20	92.83	0.285	0.307	0.0133	0.0044	2.4	
298—300	0.183	6.87	3.74	92.85	0.412	0.444	0.0305	0.0216	11.8	

Tabelle XVI.

Bezeichnung der Gefäße	Nr.	Düngung für je 1 Gefäß mit Phosphorsäure in Form von	Hauptfrucht Hafer		Nachfrucht Ital. Raigras		Gehalt der Böden an			
			Trockenmaterie im Mittel	Mehrertrag gegen ohne P_2O_5	Trockenmaterie im Mittel	Mehrertrag gegen ohne P_2O_5	% Gesamt- P_2O_5	% zitronen- säurelös.	% relative Löslichkeit	Summe der Mehrerträge %
277—279		Ohne P_2O_5	2.31	—	3.13	—	—	—	—	—
280—282		0.183 g P_2O_5	4.76	2.45	6.40	3.27	—	—	—	5.72
283—285		0.366 "	5.31	3.00	7.29	4.16	—	—	—	7.16
286—288		Boden aus Rettgau	2.68	0.37	4.49	1.36	0.136	0.038	27.94	1.73
289—291		" von Paderborn	3.18	0.87	4.94	1.81	0.098	0.030	30.30	2.68
292—294		" aus Potsdam I	2.07	—	3.54	0.41	0.0739	0.005	6.77	0.41
295—297		" von Boche	2.29	—	4.33	1.20	0.070	0.014	20.00	1.20
298—300		" aus Dahlem	3.36	1.05	6.87	3.74	0.064	0.026	40.62	4.79
400—402		" Rodenkirchen II	3.63	1.32	5.51	2.38	0.258	0.076	29.45	3.70
403—405		" Ständenbühl I	3.27	0.96	4.71	1.58	0.161	0.062	38.51	2.54
406—408		" Birkenmoor	2.47	0.16	3.79	0.66	0.134	0.026	19.40	0.82
409—411		" Ober-Zwehren	2.38	0.07	3.88	0.75	0.100	0.020	20.00	0.82
412—414		" Uders	2.78	0.47	4.25	1.12	0.077	0.023	29.87	1.59
415—417		" Königsberg i. N.	2.86	0.55	4.28	1.15	0.232	0.111	47.85	1.70
418—420		" Zielenzig	3.66	1.35	5.45	2.32	0.174	0.083	47.75	3.67
421—423		" Wittstock	4.12	1.81	5.87	2.74	0.160	0.076	47.50	4.56
424—426		" Schwiebus	3.01	0.70	5.40	2.27	0.051	0.040	76.92	2.97
427—429		" von Künne, Hauptschlag II	3.57	1.26	5.32	2.19	0.087	0.036	41.38	3.45

Tabelle XVII.

Versuchspflanze: Hafer, grün geerntet, I. Ernte 1915.

Einzelserträge der Gefässe in lufttrockenem Zustande sowie an Trockensubstanz.

Bezeichnung der Gefässe	Düngung für je 1 Gefäss mit Phosphorsäure in Form von	Ernte von einem Gefäss (lufttrocken)	Gehalt der Ernte an Trockensubstanz	Ernte an Trockensubstanz von einem Gefäss	Mittelserträge an Trocken- substanz
Nr.		g	%	g	g
Reine Böden ohne Sandzusatz.					
301	Boden aus Rettgau ohne P_2O_5	7.3	93.31	6.81	6.58
302		6.2	92.03	5.71	
303		7.8	92.55	7.22	
304	Boden aus Rettgau mit 0.183 g P_2O_5 als $CaHPO_4$	10.4	93.14	9.69	9.44
305		9.6	92.95	8.92	
306		10.5	92.43	9.71	
307	Boden von PRÜFER ohne P_2O_5	18.5	93.00	17.21	16.5
308		16.5	92.98	15.34	
309		18.25	92.85	16.95	
310	Boden von PRÜFER mit 0.183 g P_2O_5 als $CaHPO_4$	18.3	93.67	17.14	17.61
311		18.3	93.32	17.08	
312		20.2	92.20	18.62	
313	Boden aus Potsdam I ohne P_2O_5	3.4	91.91	3.12	2.97
314		3.1	92.00	2.85	
315		3.2	91.47	2.93	
316	Boden aus Potsdam I mit 0.183 g P_2O_5 als $CaHPO_4$	5.6	91.50	5.12	5.23
317		6.2	91.75	5.69	
318		5.3	91.85	4.87	
319	Boden von Boche ohne P_2O_5	8.4	91.45	7.68	7.91
320		8.6	91.70	7.89	
321		9.0	90.76	8.17	
322	Boden von Boche mit 0.183 g P_2O_5 als $CaHPO_4$	9.2	90.59	8.33	8.56
323		9.2	90.95	8.37	
324		9.9	90.75	8.98	
325	Boden aus Dahlem (G-Feld 1915) ohne P_2O_5	13.4	91.95	12.32	13.08
326		14.7	91.69	13.48	
327		14.6	92.15	13.45	
328	Boden aus Dahlem (G-Feld 1915) mit 0.183 g P_2O_5 als $CaHPO_4$	14.0	91.73	12.84	13.85
329		14.9	91.45	13.63	
330		16.4	92.00	15.09	

Tabelle XVIII.

Versuchspflanze: Italienisches Raigras, Nachfrucht, Ernte 1915.
 Einzelerträge der Gefässe in lufttrockenem Zustande sowie an Trockensubstanz.

Bezeichnung der Gefässe	Düngung für je 1 Gefäss mit Phosphorsäure in Form von	Ernte von einem Gefäss (lufttrocken)	Gehalt der Ernte an Trockensubstanz	Ernte an Trockensubstanz von einem Gefäss	Mittelträge an Trocken- substanz
Nr.		g	%	g	g
Reine Böden ohne Sandzusatz.					
301	Boden aus Rettgau ohne P_2O_5	12.1	92.69	11.22	11.16
302		11.5	93.33	10.73	
303		12.4	92.87	11.52	
304	Boden aus Rettgau mit 0.183 g P_2O_5	14.1	92.70	13.07	12.87
305	als $CaHPO_4$	13.5	92.22	12.45	
306		14.2	92.12	13.08	
307	Boden von PRÜFFER ohne P_2O_5	13.3	92.64	12.32	12.20
308		13.6	92.14	12.53	
309		12.7	92.46	11.74	
310	Boden von PRÜFFER mit 0.183 g P_2O_5	13.1	91.91	12.04	12.06
311	als $CaHPO_4$	13.3	92.39	12.29	
312		12.9	91.82	11.84	
313	Boden aus Potsdam I ohne P_2O_5	7.9	92.95	7.34	7.15
314		7.8	93.24	7.27	
315		7.4	92.61	6.85	
316	Boden aus Potsdam I mit 0.183 g P_2O_5	10.8	92.92	10.04	10.36
317	als $CaHPO_4$	11.0	92.94	10.22	
318		11.6	93.30	10.82	
319	Boden von Boche ohne P_2O_5	11.9	92.17	10.97	11.11
320		12.3	92.75	11.41	
321		11.8	92.75	10.94	
322	Boden von Boche mit 0.183 g P_2O_5	12.3	91.50	11.25	11.15
323	als $CaHPO_4$	11.8	92.48	10.91	
324		12.2	92.61	11.30	
325	Boden aus Dahlem (G-Feld 1915) ohne	12.5	93.24	11.66	11.76
326	P_2O_5	12.6	92.96	11.71	
327		12.8	92.93	11.90	
328	Boden aus Dahlem (G-Feld 1915) mit	13.0	92.95	12.08	12.00
329	0.183 g P_2O_5 als $CaHPO_4$	13.2	93.59	12.35	
330		12.4	93.25	11.56	

Tabelle XIX.

Versuchspflanze: Hafer, grün geerntet, Ernte 1915.

Mittelерträge und Gehalt der Ernten an Phosphorsäure.

Bezeichnung der Gefäße	Düngung für je 1 Gefäß mit Phosphorsäure in Form von	Reine Böden ohne Sandzusatz										Ausnutzung der P_2O_5 des Bodens bezw.	
		Phosphorsäure	Mittelерträge an Trockensubstanz	Mehrertrag gegen ohne P_2O_5	Gehalt der Erntesub- stanz (Trockensubstanz)	%	Gehalt der Erntesub- stanz (Trockensubstanz)	%	100 g Trockensubstanz enthält P_2O_5 in	g	Die Trockenernte enthält P_2O_5 in		g	$P_2O_5$ in der Mehr- ernte
Nr.		g	g	g	%	%	%	g	g	g	g	g	%
301—303	aus Rettgau ohne P_2O_5	—	6.58	—	92.63	0.519	0.560	0.0368	0.560	—	0.0368	—	9.23
304—306	" mit P_2O_5	0.183	9.44	2.86	92.84	0.528	0.569	0.0537	0.569	0.0169	0.0537	0.0169	
307—309	von Prutzer ohne P_2O_5	—	16.5	—	92.94	0.618	0.665	0.1097	0.665	—	0.1097	—	10.1
310—312	" mit P_2O_5	0.183	17.61	1.11	93.06	0.677	0.728	0.1282	0.728	0.0185	0.1282	0.0185	
313—315	aus Potsdam I ohne P_2O_5	—	2.97	—	91.79	0.245	0.267	0.0079	0.267	—	0.0079	—	10.1
316—318	" mit P_2O_5	0.183	5.23	2.26	91.70	0.463	0.505	0.0264	0.505	0.0185	0.0264	0.0185	
319—321	von Boche ohne P_2O_5	—	7.91	—	91.30	0.580	0.635	0.0502	0.635	—	0.0502	—	2.0
322—324	" mit P_2O_5	0.183	8.56	0.65	90.76	0.572	0.630	0.0539	0.630	0.0037	0.0539	0.0037	
325—327	aus Dahlem (G-Feld) ohne P_2O_5	—	13.08	—	91.93	1.007	1.095	0.1432	1.095	—	0.1432	—	0.21
328—330	" mit P_2O_5	0.183	13.85	0.77	91.73	0.951	1.037	0.1436	1.037	0.0004	0.1436	0.0004	

Tabelle XX.
Versuchspflanze: Italienisches Raigras (Nachfrucht), Ernte 1915.
Mittelträge und Gehalt der Ernten an Phosphorsäure.

Bezeichnung der Gefässe	Nr.	Phosphorsäure	g	Mittelträge an Trockensubstanz	g	Mehrertrag gegen ohne P_2O_5	Gehalt der Krutesubstanz (nitr. trocken) an %	Gehalt der Frutesubstanz (nitr. trocken) an %	100 g Trockensubstanz enthält P_2O_5 in g	Die Trockenernte enthält P_2O_5 in g	P_2O_5 in der Mehr-ernnte	Ausnutzung der P_2O_5 des Düngers bezw. des Bodens in %
Reine Böden ohne Sandzusatz												
301—303	aus Bettgan	ohne P_2O_5	—	11.16	—	—	93.10	0.593	0.637	0.0711	—	—
304—306	"	mit P_2O_5	0.183	12.87	1.71	—	93.13	0.674	0.724	0.0932	0.0221	12.1
307—309	von Paderborn	ohne P_2O_5	—	12.20	—	—	92.71	0.883	0.953	0.1163	—	—
310—312	"	mit P_2O_5	0.183	12.06	—	—	92.70	0.837	0.903	0.1089	—	—
313—315	aus Potsdam	I ohne P_2O_5	—	7.15	—	—	93.80	0.423	0.451	0.0322	—	—
316—318	"	mit P_2O_5	0.183	10.36	3.21	—	93.18	0.576	0.618	0.0640	0.0318	17.4
319—321	von Boche	ohne P_2O_5	—	11.11	—	—	92.90	0.725	0.781	0.0805	—	—
322—324	"	mit P_2O_5	0.183	11.15	0.04	—	92.10	0.764	0.830	0.0925	0.0120	6.6
325—327	aus Dahlem	G-Feld ohne P_2O_5	—	11.76	—	—	94.06	1.243	1.321	0.1553	—	—
328—330	"	" mit P_2O_5	0.183	12.00	0.24	—	94.48	1.274	1.348	0.1618	0.0065	3.6

Tabelle XXI.

Versuchspflanze: Italienisches Raigras, K_2O als KCl ,
I. Schnitt 1914.

Einzelserträge der Gefässe in lufttrockenem Zustande sowie an Trockensubstanz.

Bezeichnung der Gefässe	Düngung für je 1 Gefäss mit Kali in Form von	Ernte von einem Gefäss (lufttrocken)	Gehalt der Ernte an Trockensubstanz	Ernte an Trockensubstanz von einem Gefäss	Mittelserträge an Trocken- substanz
Nr.		g	%	g	g
400	Ohne Kali	3.35	91.35	3.06	2.73
401		2.50	91.12	2.28	
402		2.70	91.70	2.48	
403		3.40	91.60	3.11	
404	0.183 g K_2O als KCl	4.45	90.42	4.03	3.75
405		4.20	90.03	3.78	
406		4.15	91.14	3.78	
407		3.75	90.90	3.41	
408	0.366 g K_2O als KCl	3.10	92.34	2.86	2.91
409		3.45	91.69	3.16	
410		2.90	92.73	2.69	
411		3.20	91.86	2.94	
412	96 g Boden, Standenbühl II	6.00	91.05	5.46	5.19
413		5.57	91.97	5.12	
414		5.62	91.43	5.14	
415		5.45	92.39	5.04	
416	152 g Boden, Rodenkirchen I	5.95	90.98	5.42	5.31
417		5.75	91.87	5.28	
418		5.95	91.62	5.45	
419		5.55	91.40	5.07	
420	187 g Boden, Geest-Gottberg	4.88	91.61	4.47	5.25
421		5.55	91.90	5.10	
422		6.05	91.65	5.54	
423		6.40	92.18	5.90	
424	138 g Boden, Nieder-Zwehren	5.37	92.30	4.96	4.93
425		4.95	91.21	4.51	
427		5.52	92.48	5.10	
428		5.58	91.95	5.13	

Tabelle XXI. Fortsetzung.

Bezeichnung der Gefässe	Düngung für je 1 Gefäß mit Kali in Form von	Ernte von einem Gefäß (lufttrocken)	Gehalt der Ernte an Trockensubstanz	Ernte an Trockensubstanz von einem Gefäß	Mittelträge an Trocken- substanz
Nr.		g	%	g	g
429	176 g Boden, Dahlem G-Feld	6.70	91.70	6.14	5.17
430		6.00	90.10	5.41	
431		5.08	90.30	4.59	
433		5.00	90.41	4.52	
434	5000 g Boden, Standenbühl II	8.65	93.28	8.07	8.19
435		8.67	93.12	8.07	
436		8.67	95.66	8.29	
437		8.92	93.43	8.33	
438	5000 g Boden, Rodenkirchen I	7.80	94.64	7.38	8.17
439		9.22	92.76	8.55	
441		8.70	95.30	8.29	
442		9.05	93.25	8.44	
460	5000 g Boden, Geest-Gottberg	7.55	95.45	7.21	7.08
461		7.50	96.02	7.20	
462		8.00	87.89	7.03	
463		7.80	88.09	6.87	
464	5000 g Boden, Dahlem G-Feld	8.30	87.77	7.28	6.76
465		7.05	87.55	6.17	
466		7.55	86.89	6.56	
467		8.03	87.38	7.02	
468	5000 g Boden, Dahlem G-Feld	7.00	86.73	6.07	6.52
470		8.00	87.02	6.96	
471	3000 g Boden, Dahlem G-Feld	6.10	87.95	5.36	5.58
472		6.65	87.20	5.80	
473	2000 g Boden, Dahlem G-Feld	5.80	86.85	5.04	4.89
474		5.45	86.97	4.74	
475	1000 g Boden, Dahlem G-Feld	5.00	87.49	4.37	4.16
476		4.51	87.30	3.94	

Tabelle XXII.

Versuchspflanze: Italienisches Raigras, K_2O als KCl ,
II. Schnitt 1914.

Einzelserträge der Gefässe in lufttrockenem Zustande sowie an Trockensubstanz.

Bezeichnung der Gefässe	Düngung für je 1 Gefäss mit Kali in Form von	Ernte von einem Gefäss (lufttrocken)	Gehalt der Ernte an Trockensubstanz	Ernte an Trockensubstanz von einem Gefäss	Mittelserträge an Trocken- substanz
Nr.		g	%	g	g
400	Ohne Kali	1.48	90.03	1.33	1.16
401		1.40	90.87	1.27	
402		1.07	90.99	0.97	
403		1.20	89.18	1.07	
404	0.183 g K_2O als KCl	2.60	91.82	2.39	2.37
405		2.88	90.83	2.62	
406		2.60	91.04	2.37	
407		2.30	90.61	2.08	
408	0.366 g K_2O als KCl	2.23	91.72	2.05	2.03
409		2.45	91.01	2.23	
410		1.88	92.06	1.73	
411		2.30	91.47	2.10	
412	96 g Boden, Standenbühl II	3.37	90.37	3.05	2.84
413		3.30	90.02	2.97	
414		3.30	90.24	2.98	
415		2.60	90.13	2.34	
416	152 g Boden, Rodenkirchen I	3.60	90.25	3.25	3.19
417		3.40	90.18	3.07	
418		3.55	90.40	3.21	
419		3.60	89.79	3.23	
420	187 g Boden, Geest-Gottberg	3.43	89.89	3.08	3.09
421		3.40	90.45	3.08	
422		2.95	90.08	2.66	
423		3.90	90.31	3.52	
424	138 g Boden, Nieder-Zwehren	2.60	88.58	2.30	2.57
425		2.68	90.78	2.43	
427		3.22	90.00	2.90	
428		2.95	90.27	2.66	

Tabelle XXII. Fortsetzung.

Bezeichnung der Gefässe	Düngung für je 1 Gefäß mit Kali in Form von	Ernte von einem Gefäß (lufttrocken)	Gehalt der Ernte an Trockensubstanz	Ernte an Trockensubstanz von einem Gefäß	Mittelträge an Trocken- substanz
Nr.	$\frac{1}{2}$	g	%	g	g
429	176 g Boden, Dahlem G-Feld	3.10	90.55	2.81	2.80
430		3.25	90.51	2.94	
431		3.10	90.70	2.81	
433		2.90	91.19	2.64	
434	5000 g Boden, Standenbühl II	7.37	90.13	6.64	6.61
435		7.30	89.94	6.57	
436		7.40	90.50	6.70	
437		7.27	89.54	6.51	
438	5000 g Boden, Rodenkirchen I	6.75	90.11	6.08	6.18
439		6.70	90.29	6.05	
441		6.85	90.03	6.17	
442		7.10	90.41	6.42	
460	5000 g Boden, Geest-Gottberg	7.05	90.21	6.36	6.12
461		6.45	90.36	5.83	
462		6.85	89.58	6.14	
463		6.80	90.31	6.14	
464	5000 g Boden, Dahlem G-Feld	6.50	90.23	5.86	5.45
465		6.15	90.97	5.59	
466		5.90	90.39	5.33	
467		5.50	91.39	5.03	
468	5000 g Boden, Dahlem G-Feld	5.85	90.34	5.28	5.33
470		5.95	90.66	5.39	
471	3000 g Boden, Dahlem G-Feld	4.65	90.76	4.22	4.17
472		4.50	91.33	4.11	
473	2000 g Boden, Dahlem G-Feld	3.75	91.23	3.42	3.55
474		4.05	90.95	3.68	
475	1000 g Boden, Dahlem G-Feld	3.35	91.78	3.07	2.93
476		3.05	91.53	2.79	

Tabelle XXIII.

Versuchspflanze: Italienisches Raigras, K_2O als KCl ,
III. Schnitt 1914.

Einzelserträge der Gefässe in lufttrockenem Zustande sowie an Trockensubstanz.

Bezeichnung der Gefässe	Düngung für je 1 Gefäss mit Kali in Form von	Ernte von einem Gefäss (lufttrocken)	Gehalt der Ernte an Trockensubstanz	Ernte an Trockensubstanz von einem Gefäss	Mittelserträge an Trocken- substanz
Nr.		g	%	g	g
400	Ohne Kali	1.60	94.42	1.51	1.45
401		2.10	94.44	1.98	
402		1.3	93.08	1.21	
403		1.15	93.77	1.08	
404	0.183 g K_2O als KCl	2.0	92.85	1.86	2.09
405		3.0	94.10	2.82	
406		1.90	93.49	1.78	
407		2.0	94.23	1.88	
408	0.366 g K_2O als KCl	3.0	92.62	2.78	1.98
409		2.2	92.81	2.04	
410		1.4	94.04	1.32	
411		1.9	94.20	1.79	
412	96 g Boden, Standenbühl II	3.5	95.18	3.33	3.15
413		3.2	92.50	2.96	
414		4.0	92.58	3.70	
415		2.8	93.30	2.61	
416	152 g Boden, Rodenkirchen I	3.7	95.53	3.53	3.25
417		3.8	93.19	3.54	
418		3.05	93.95	2.87	
419		3.20	95.05	3.04	
420	187 g Boden, Geest-Gottberg	3.70	93.46	3.46	3.56
421		3.85	94.07	3.62	
422		3.7	94.54	3.50	
423		3.9	93.47	3.65	
424	138 g Boden, Nieder-Zwehren	2.65	95.15	2.52	2.74
425		2.80	93.86	2.63	
427		3.10	93.64	2.90	
428		3.10	94.25	2.92	

Tabelle XXIII. Fortsetzung.

Bezeichnung der Gefässe	Düngung für je 1 Gefäß mit Kali in Form von	Ernte von einem Gefäß (nfttrocken)	Gehalt der Ernte an Trockensubstanz	Ernte an Trockensubstanz von einem Gefäß	Mittelträge an Trocken- substanz
Nr.		g	%	g	g
429	176 g Boden, Dahlem G-Feld	2.70	94.35	2.55	
430		3.15	92.70	2.92	
431		3.0	93.49	2.80	
433		3.1	93.55	2.90	2.79
434	5000 g Boden, Standenbühl II	2.70	90.36	2.44	
435		2.90	90.03	2.61	
436		2.95	91.07	2.69	
437		3.52	90.68	3.19	2.73
438	5000 g Boden, Rodenkirchen I	6.55	89.73	5.88	
439		2.85	89.91	2.56	
441		3.83	90.10	3.45	
442		6.10	89.45	5.46	4.34
460	5000 g Boden, Geest-Gottberg	4.05	91.37	3.70	
461		4.05	90.90	3.68	
462		3.27	91.80	2.99	
463		4.60	90.90	4.18	3.64
464	5000 g Boden, Dahlem G-Feld	4.60	90.75	4.17	
465		4.95	90.94	4.50	
466		4.15	90.86	3.77	
467		4.95	90.83	4.50	4.23
468	5000 g Boden, Dahlem G-Feld	4.33	91.44	3.96	
470		4.00	91.07	3.64	3.80
471	3000 g Boden, Dahlem G-Feld	2.95	91.41	2.70	
472		2.50	91.28	2.28	2.49
473	2000 g Boden, Dahlem G-Feld	2.10	91.57	1.92	
474		2.57	91.60	2.35	2.14
475	1000 g Boden, Dahlem G-Feld	1.78	92.10	1.64	
476		1.72	92.10	1.58	1.61

Tabelle XXIV.

Versuchspflanze: Italienisches Raigras, K₂O als KCl,
IV. Schnitt 1914.

Einzelserträge der Gefässe in lufttrockenem Zustande sowie an Trockensubstanz.

Bezeichnung der Gefässe	Düngung für je 1 Gefäss mit Kali in Form von	Ernte von einem Gefäss (lufttrocken)	Gehalt der Ernte an Trockensubstanz	Ernte an Trockensubstanz von einem Gefäss	Mittelserträge an Trocken- substanz
Nr.		g	%	g	g
434	5000 g Boden, Standenbühl II	3.8	94.20	3.58	3.50
435		3.5	93.19	3.26	
436		3.6	94.19	3.39	
437		4.0	94.10	3.76	
438	5000 g Boden, Rodenkirchen I	11.8	94.57	11.16	10.40
439		11.1	94.66	10.51	
441		10.0	94.50	9.45	
442		11.1	94.43	10.48	
460	5000 g Boden, Geest-Gottberg	4.6	94.66	4.35	3.94
461		4.0	94.50	3.78	
462		3.9	94.33	3.68	
463		4.2	93.73	3.94	
464	5000 g Boden, Dahlem G-Feld	4.0	94.76	3.79	4.23
465		4.7	94.81	4.46	
466		4.5	94.84	4.27	
467		4.7	93.60	4.40	
468	5000 g Boden, Dahlem G-Feld	4.3	94.08	4.05	3.70
470		3.55	94.18	3.34	
471	3000 g Boden, Dahlem G-Feld	3.5	93.06	3.26	3.28
472		3.5	93.95	3.29	
473	2000 g Boden, Dahlem G-Feld	3.0	92.93	2.79	2.75
474		2.9	92.92	2.70	
475	1000 g Boden, Dahlem G-Feld	2.5	93.34	2.33	2.11
476		2.0	93.85	1.88	

Tabelle XXV.
Versuchspflanze: Italienisches Raigras, K_2O als KCl , I. Schnitt 1914.
Mittelträge und Gehalt der Ernten an Kali.

Bezeichnung der Gefässe	Düngung für je 1 Gefäss mit Kali in Form von		Kali	Mittelträge an Trockensubstanz	Mehrertrag gegen ohne Kali	Gehalt der Knte-substanz (nitro-trocken)	Gehalt der Knte-substanz (nitro-trocken) an Kali	100 g Trockensubstanz enthält K_2O in	Die Trockenernte enthält K_2O in	K_2O in der Mehr-ernte	Ausnutzung des K_2O des Düngers bezw. des Bodens in %
Nr.			g	g	g	%	%	g	g	g	%
400—403	Ohne Kali	.	—	2.73	—	91.44	0.378	0.413	0.0113	—	—
404—407	K_2O als KCl	.	0.183	3.75	1.02	90.62	5.910	3.553	0.1332	0.1219	66.6
408—411	" "	.	0.366	2.91	0.18	92.16	5.910	6.413	0.1866	0.1753	47.9
412—415	Boden aus Standenbühl II	.	0.341	5.19	2.46	91.71	0.830	0.905	0.0470	0.0357	10.5
416—419	" Rodenkirchen I	.	0.341	5.31	2.58	91.44	0.860	0.941	0.0500	0.0387	11.3
420—423	" Geest-Gottberg	.	0.341	5.25	2.52	91.84	0.935	1.018	0.0534	0.0421	12.3
424—428	" Nieder-Zwehren	.	0.341	4.93	2.20	91.99	0.850	0.924	0.0456	0.0343	10.1
429—433	" Dahlem G-Feld	.	0.341	5.17	2.44	90.63	1.030	1.136	0.0587	0.0474	13.9
434—437	Standenbühl II, 5000 g Boden	.	—	8.19	5.46	93.87	3.928	4.185	0.3428	—	—
438—442	Rodenkirchen I, 5000	"	—	8.17	5.44	93.99	3.342	3.556	0.2905	—	—
460—463	Geest-Gottberg, 5000	"	—	7.08	4.35	91.86	5.077	5.527	0.3913	—	—
464—467	Dahlem G-Feld, 5000	"	—	6.76	4.03	87.40	3.302	3.778	0.2554	—	—
468—470	Dahlem G-Feld, 5000 g Boden	.	—	6.52	3.79	86.88	3.213	3.698	0.2411	—	—
471—472	" 3000	"	—	5.58	2.85	87.58	2.417	2.760	0.1540	—	—
473—474	" 2000	"	—	4.99	2.16	86.91	1.997	2.298	0.1124	—	—
475—476	" 1000	"	—	4.16	1.43	87.39	1.359	1.555	0.0647	—	—

Tabelle XXVI.
Versuchspflanze: Italienisches Raigras, K₂O als KCl, II. Schnitt 1914.
Mittelerträge und Gehalt der Ernten an Kali.

Bezeichnung der Gefäße	Düngung für je 1 Gefäß mit Kali in Form von		Kali		Mittelerträge an Trockensubstanz	Mehrertrag gegen ohne Kali	Gehalt der Erntesubstanz (nitritrocken)	Gehalt der Erntesubstanz (nitritrocken) an Kali	100 g Trockensubstanz enthält K ₂ O in	Die Trockensubstanz enthält K ₂ O in	K ₂ O in der Mehr- ernte	Ausnutzung des K ₂ O des Düngers bezw. des Bodens in %
Nr.			g	g	g	g	%	%	g	g	g	%
400—403	Ohne Kali.	.	—	1.16	—	—	90.27	0.864 ^(?) ¹⁾	—	—	—	—
404—407	K ₂ O als KCl.	.	0.183	2.37	1.21	1.21	91.08	1.472	1.616	0.0383	—	—
408—411	" "	.	0.366	2.03	0.87	0.87	91.57	3.520	3.844	0.0780	—	—
412—415	Boden aus Standenbühl II	.	0.341	2.84	1.68	1.68	90.19	0.620	0.687	0.0195	—	—
416—419	" Rodenkirchen I	.	0.341	3.19	2.03	2.03	90.16	0.565	0.627	0.0200	—	—
420—423	" Geest-Gottberg	.	0.341	3.09	1.93	1.93	90.18	0.729	0.808	0.0250	—	—
424—428	" Nieder-Zwehren	.	0.341	2.67	1.41	1.41	89.91	0.579	0.644	0.0166	—	—
429—433	" Dahlem G-Feld	.	0.341	2.80	1.64	1.64	90.74	0.631	0.695	0.0195	—	—
434—437	Standenbühl II, 5000 g Boden	.	—	6.61	5.45	5.45	90.03	2.562	2.846	0.1881	—	—
438—442	Rodenkirchen I, 5000 g Boden	.	—	6.18	5.02	5.02	90.21	2.040	2.261	0.1397	—	—
460—463	Geest-Gottberg, 5000 g Boden	.	—	6.12	4.96	4.96	90.12	3.706	4.112 ^(?)	0.2517	—	—
464—467	Dahlem G-Feld, 5000 g Boden	.	—	5.45	4.29	4.29	90.75	2.059	2.269	0.1237	—	—
468—470	Dahlem G-Feld, 5000 g Boden	.	—	10.67	9.51	9.51	90.50	1.909	2.109	0.2250	—	—
471—472	" 3000 "	.	—	8.33	7.17	7.17	91.05	1.497	1.644	0.1369	—	—
473—474	" 2000 "	.	—	7.10	5.94	5.94	91.09	1.289	1.415	0.1005	—	—
475—476	" 1000 "	.	—	5.86	4.70	4.70	91.66	0.980	1.069	0.0626	—	—

¹⁾ Die Analyse ist fehlerhaft. Es fehlte leider an Material für eine Wiederholung.

Tabelle XXVII.
 Versuchspflanze: Italienisches Raigras, K₂O als KCl, III. Schnitt 1914.
 Mittelträge und Gehalt der Ernten an Kali.

Be- zeichnung der Gefäße	Düngung für je 1 Gefäß mit Kali in Form von	Kali g	Mittelträge an Trockensubstanz g	Mehrertrag Regen ohne Kali g	Gehalt der Ernte- substanz (Lufttrocken) an Trockensubstanz %	Gehalt der Ernte- substanz (Lufttrocken) an Kali %	100 g Trockensubstanz enthält K ₂ O in g	Die Trockenernte enthält K ₂ O in g	K ₂ O in der Mehr- ernte g	Ausnutzung des K ₂ O des Bodens bezw. des Düngers %
Nr.										
400—403	Ohne Kali.	—	1.45	—	93.93	0.267	0.284	0.0041	—	—
404—407	K ₂ O als KCl.	0.183	2.09	0.64	93.67	0.532	0.568	0.0119	0.0078	4.3
408—411	"	0.366	1.98	0.53	93.42	0.868	0.929	0.0184	0.0143	3.9
412—415	Boden aus Standenbühl II	0.341	3.15	1.70	93.39	0.369	0.395	0.0124	0.0083	2.4
416—419	" Rodenkirchen I	0.341	3.25	1.80	94.43	0.332	0.352	0.0114	0.0073	2.1
420—423	" Geest-Gotthberg	0.341	3.56	2.11	93.88	0.388	0.413	0.0147	0.0106	3.1
424—428	" Nieder-Zwehren	0.341	2.74	1.29	94.23	0.327	0.347	0.0095	0.0054	1.6
429—433	" Dahlem G-Feld	0.341	2.79	1.34	93.52	0.381	0.407	0.0114	0.0073	2.1
434—437	Standenbühl II, 5000 g Boden	—	2.73	1.28	90.54	2.257	2.493	0.0681	—	—
438—442	Rodenkirchen I, 5000 g Boden	—	4.34	2.89	89.79	1.681	1.872	0.0812	—	—
460—463	Geest-Gotthberg, 5000 g Boden	—	3.64	2.19	91.12	2.977	3.267	0.1189	—	—
464—467	Dahlem G-Feld, 5000 g Boden	—	4.23	2.78	90.85	1.921	2.114	0.0894	—	—
468—470	Dahlem G-Feld, 5000 g Boden	—	3.80	2.35	91.26	1.402	1.536	0.0584	—	—
471—472	" 3000 "	—	2.49	1.04	91.35	1.286	1.408	0.0351	—	—
473—474	" 2000 "	—	2.14	0.69	91.59	1.148	1.253	0.0268	—	—
475—476	" 1000 "	—	1.61	0.16	92.10	0.953	1.085	0.0167	—	—

Tabelle XXIX.

Versuchspflanze: Italienisches Raigras, K_2O als K_2SO_4 ,
I. Schnitt 1914.

Einzelерträge der Gefässe in lufttrockenem Zustande sowie an Trockensubstanz

Bezeichnung der Gefässe	Düngung für je 1 Gefäss mit Kali in Form von	Ernte von einem Gefäss (lufttrocken)	Gehalt der Ernte an Trockensubstanz	Ernte an Trockensubstanz von einem Gefäss	Mitelerträge an Trocken- substanz
Nr.		g	%	g	g
226	Ohne Kali	3.45	87.61	3.02	2.91
227		3.27	87.98	2.88	
228		2.93	86.77	2.54	
229		3.65	88.07	3.21	
230	0.183 g K_2O als K_2SO_4	7.75	88.37	6.85	7.13
231		7.67	88.60	6.80	
232		8.63	88.04	7.60	
233		8.27	87.74	7.26	
234	0.366 g K_2O als K_2SO_4	7.55	88.38	6.67	6.63
235		7.55	88.26	6.66	
236		7.40	88.51	6.55	
237		7.50	88.72	6.65	
238	96 g Boden, Standenbühl II	5.80	88.33	5.12	4.97
239		5.93	87.62	5.20	
240		5.65	88.51	5.00	
241		5.17	87.97	4.55	
242	152 g Boden, Rodenkirchen I	6.37	88.17	5.62	5.56
243		6.70	88.02	5.90	
244		6.05	88.22	5.34	
245		6.10	88.21	5.38	
246	187 g Boden, Geest-Gottberg	6.33	88.66	5.61	5.64
247		6.07	88.76	5.39	
248		6.25	87.67	5.48	
249		6.95	87.20	6.06	
250	138 g Boden, Nieder-Zwehren	4.90	88.08	4.32	4.19
251		4.75	88.69	4.21	
252		4.72	88.72	4.19	
253		4.50	89.63	4.03	
254	176 g Boden, Dahlem G-Feld	5.15	89.71	4.62	4.26
255		4.70	89.44	4.20	
256		4.73	89.56	4.24	
257		4.50	88.39	3.98	

Tabelle XXX.

Versuchspflanze: Italienisches Raigras, K_2O als K_2SO_4 ,
II. Schnitt 1914.

Einzelерträge der Gefässe in lufttrockenem Zustande sowie an Trockensubstanz.

Bezeichnung der Gefässe	Düngung für je ein Gefäss mit Kali in Form von	Ernte von einem Gefäss (lufttrocken)	Gehalt der Ernte an Trockensubstanz	Ernte an Trockensubstanz von einem Gefäss	Mitelerträge an Trocken- substanz
Nr.		g	%	g	g
226	Ohne Kali	3.35	91.61	3.07	3.22
227		3.75	91.92	3.45	
228		3.20	91.88	2.94	
229		3.70	92.30	3.42	
230	0.183 g K_2O als K_2SO_4	4.25	97.36	4.14	3.75
231		4.30	91.32	3.93	
232		3.60	92.78	3.34	
233		3.90	92.23	3.60	
234	0.366 g K_2O als K_2SO_4	4.70	91.53	4.30	4.09
235		4.35	91.20	3.97	
236		4.35	91.48	3.98	
237		4.50	91.47	4.12	
238	96 g Boden, Standenbühl II	4.35	90.92	3.96	4.00
239		4.70	91.26	4.29	
240		4.50	90.88	4.09	
241		4.05	90.67	3.67	
242	152 g Boden, Rodenkirchen I	4.75	91.14	4.33	4.59
243		5.00	90.96	4.55	
244		5.00	91.04	4.55	
245		5.40	91.28	4.93	
246	187 g Boden, Geest-Gottberg	4.20	91.86	3.86	4.44
247		4.80	91.89	4.41	
248		5.40	91.08	4.92	
249		5.00	91.39	4.57	
250	138 g Boden, Nieder-Zwehren	3.70	91.42	3.38	3.60
251		4.00	92.52	3.70	
252		3.80	91.70	3.48	
253		4.20	91.39	3.84	
254	176 g Boden, Dahlem G-Feld	4.80	90.92	4.36	4.25
255		4.65	91.38	4.25	
256		4.80	90.97	4.37	
257		4.40	91.10	4.01	

Tabelle XXXI a.

Versuchspflanze: Italienisches Raigras, K_2O als KCl bezw. K_2SO_4 ,
I., II., III. und IV. Schnitt 1914.

Zusammenstellung der Mittel- und Mehrerträge aus den Tabellen XXI—XXX.

Bezeichnung der Gefäße Nr.	Düngung für je 1 Gefäß mit Kali in Form von	Schnitt				Summe g	Ernte-Mittel g	Mehrertrag gegen ohne K_2O g
		I	II	III	IV			
		g	g	g	g	g	g	g
I. Serie.								
400	Ohne Kali	3.06	1.33	1.51	—	5.90		
401		2.28	1.27	1.98	—	5.53		
402		2.48	0.97	1.21	—	4.66		
403		3.11	1.07	1.08	—	5.26	5.34	—
404	0.183 g K_2O als KCl	4.03	2.39	1.86	—	8.28		
405		3.78	2.62	2.82	—	9.22		
406		3.78	2.37	1.78	—	7.93		
407		3.41	2.08	1.88	—	7.37	8.20	2.86
408	0.366 g K_2O als KCl	2.86	2.05	2.78	—	7.69		
409		3.16	2.23	2.04	—	7.43		
410		2.69	1.73	1.32	—	5.74		
411		2.94	2.10	1.79	—	6.83	6.92	1.58
412	96 g Boden, Standenbühl II	5.46	3.05	3.33	—	11.84		
413		5.12	2.97	2.96	—	11.05		
414		5.14	2.98	3.70	—	11.82		
415		5.04	2.34	2.61	—	9.99	11.18	5.84
416	152 g Boden, Rodenkirchen I	5.42	3.25	3.53	—	12.20		
417		5.28	3.07	3.54	—	11.89		
418		5.45	3.21	2.87	—	11.53		
419		5.07	3.23	3.04	—	11.34	11.74	6.40
420	187 g Boden, Geest-Gottberg	4.47	3.08	3.46	—	11.01		
421		5.10	3.08	3.62	—	11.80		
422		5.54	2.66	3.50	—	11.70		
423		5.90	3.52	3.65	—	13.07	11.90	6.56
424	138 g Boden, Nieder-Zwehren	4.96	2.30	2.52	—	9.78		
425		4.51	2.43	2.63	—	9.57		
427		5.10	2.90	2.90	—	10.90		
428		5.13	2.66	2.92	—	10.71	10.24	4.90
429	176 g Boden, Dahlem G-Feld	6.14	2.81	2.55	—	11.50		
430		5.41	2.94	2.92	—	11.27		
431		4.59	2.81	2.80	—	10.20		
433		4.52	2.64	2.90	—	10.06	10.76	5.42

Tabelle XXXI a, Fortsetzung.

Bezeichnung der Gefässe Nr.	Düngung für je 1 Gefäß mit Kali in Form von	Schnitt				Summe g	Ernte-Mittel g	Mehrertrag gegen ohne K ₂ O
		I g	II g	III g	IV g			

I. Serie.

434	5000 g Boden, Standenbühl II	8.07	6.64	2.44	3.58	20.73		
435		8.07	6.57	2.61	3.26	20.51		
436		8.29	6.70	2.69	3.39	21.07		
437		8.33	6.51	3.19	3.76	21.79	21.02	—
438	5000 g Boden, Rodenkirchen I	7.38	6.08	5.88	11.16	30.50		
439		8.55	6.05	2.56	10.51	27.67		
441		8.29	6.17	3.45	9.45	27.36		
442		8.44	6.42	5.46	10.48	30.80	29.08	—
460	5000 g Boden, Geest-Gottberg	7.21	6.36	3.70	4.35	21.62		
461		7.20	5.83	3.68	3.78	20.49		
462		7.03	6.14	2.99	3.68	19.84		
463		6.87	6.14	4.18	3.94	21.13	20.77	—
464	5000 g Boden, Dahlem G-Feld	7.28	5.86	4.17	3.79	21.10		
465		6.17	5.59	4.50	4.46	20.72		
466		6.56	5.33	3.77	4.27	19.93		
467		7.02	5.03	4.50	4.40	20.95	20.68	—

Tabelle XXXI b.

Versuchspflanze: Italienisches Raigras, K₂O als KCl bzw. K₂SO₄,
I, II, III. und IV. Schnitt 1914.

Zusammenstellung der Mittel- und Mehrerträge aus den Tabellen XXI—XXX.

468	5000 g Boden, Dahlem G-Feld	6.07	5.28	3.96	4.30	20.61		
470		6.96	5.39	3.64	3.55	19.54	20.08	—
471	3000 g Boden, Dahlem G-Feld	5.36	4.22	2.70	3.50	15.78		
472		5.80	4.11	2.28	3.50	15.69	15.74	—
473	2000 g Boden, Dahlem G-Feld	5.04	3.42	1.92	3.00	13.38		
474		4.74	3.68	2.35	2.90	13.67	13.53	—
475	1000 g Boden, Dahlem G-Feld	4.37	3.07	1.64	2.50	11.58		
476		3.94	2.79	1.58	2.00	10.31	10.95	—

Tabelle XXXI b, Fortsetzung.

Bezeichnung der Gefäße Nr.	Düngung für je 1 Gefäß mit Kali in Form von	Schnitt				Summe g	Ernte-Mittel g	Mehrtrag gegen ohne K ₂ O g
		I	II	III	IV			
		g	g	g	g			

Zusammenstellung, II. Serie.								
226	Ohne Kali	3.02	3.07	—	—	6.09		
227		2.88	3.45	—	—	6.33		
228		2.54	2.94	—	—	5.48		
229		3.21	3.42	—	—	6.63	6.13	—
230	0.183 g K ₂ O als K ₂ SO ₄	6.85	4.14	—	—	10.99		
231		6.80	3.93	—	—	10.73		
232		7.60	3.34	—	—	10.94		
233		7.26	3.60	—	—	10.86	10.88	4.75
234	0.366 g K ₂ O als K ₂ SO ₄	6.67	4.30	—	—	10.97		
235		6.66	3.97	—	—	10.63		
236		6.55	3.98	—	—	10.53		
237		6.65	4.12	—	—	10.77	10.72	4.59
238	96 g Boden, Standenbühl II	5.12	3.96	—	—	9.08		
239		5.20	4.29	—	—	9.49		
240		5.00	4.09	—	—	9.09		
241		4.55	3.67	—	—	8.22	8.97	2.84
242	152 g Boden, Rodenkirchen I	5.62	4.33	—	—	9.95		
243		5.90	4.55	—	—	10.45		
244		5.34	4.55	—	—	9.89		
245		5.38	4.93	—	—	10.31	10.15	4.02
246	187 g Boden, Geest-Gottberg	5.61	3.86	—	—	9.47		
247		5.39	4.41	—	—	9.80		
248		5.48	4.92	—	—	10.40		
249		6.06	4.57	—	—	10.63	10.08	3.95
250	138 g Boden, Nieder-Zwehren	4.32	3.38	—	—	7.70		
251		4.21	3.70	—	—	7.91		
252		4.19	3.48	—	—	7.67		
253		4.03	3.84	—	—	7.87	7.79	1.66
254	176 g Boden, Dahlem G-Feld	4.62	4.36	—	—	8.98		
255		4.20	4.25	—	—	8.45		
256		4.24	4.37	—	—	8.61		
257		3.98	4.01	—	—	7.99	8.51	2.38

Tabelle XXXII.

Versuchspflanze: Hafer und Italienisches Raigras, Ernte 1915.

Einzelserträge der Gefässe an Hafer und Raigras in luftgetrocknetem
Zustande und als Trockensubstanz.

Bezeichnung der Gefässe	Düngung für je 1 Gefäss mit Kali in Form von	Pflanze: Hafer			Pflanze: Ital. Raigras			Gesamt- Trockenernte
		Ernte (luftgetrocknet)	Trocken- substanz	Ernte trocken	Ernte (luftgetrocknet)	Trocken- substanz	Ernte trocken	
		g	%	g	g	%	g	
Nr.								
226	Ohne K_2O	7.3	87.98	6.42	4.7	92.67	4.36	10.78
227		6.4	88.38	5.66	4.2	92.64	3.89	9.55
228		7.0	88.32	6.18	4.2	92.43	3.88	10.06
229	0.183 g K_2O als K_2SO_4	8.4	88.79	7.46	5.8	92.70	5.38	12.84
230		9.0	88.58	7.97	6.0	93.26	5.60	13.57
231		8.3	88.15	7.32	6.45	92.88	5.99	13.31
232	0.366 g K_2O als K_2SO_4	9.5	89.00	8.46	7.1	93.50	6.64	15.10
233		9.7	89.28	8.66	6.7	93.23	6.25	14.91
234		9.0	88.48	7.96	7.0	92.43	6.47	14.43
	Boden aus:							
235	Ständenbühl II	6.8	87.23	5.93	6.2	92.64	5.74	11.67
236		7.5	88.55	6.64	5.8	92.32	5.35	11.99
237		8.0	88.00	7.04	5.7	92.05	5.25	12.29
238	Rodenkirchen I	8.5	87.91	7.47	5.6	92.95	5.21	12.68
239		7.8	86.89	6.78	5.4	91.82	4.96	11.74
240		8.4	87.51	7.35	5.7	93.01	5.30	12.65
241	Geest-Gottberg	7.4	87.35	6.46	6.15	93.12	5.73	12.19
242		6.9	87.26	6.02	7.4	93.02	6.88	12.90
243		7.5	87.60	6.57	7.4	92.77	6.86	13.43
244	Nieder-Zwehren	7.0	88.14	6.17	5.3	92.58	4.91	11.08
245		6.5	87.72	5.70	5.2	91.94	4.78	10.48
246		6.8	87.70	5.96	5.1	92.47	4.72	10.68
247	Dahlem G-Feld	6.7	87.76	5.88	4.9	92.79	4.55	10.43
248		5.9	86.90	5.13	5.3	92.93	4.93	10.06
249		6.0	87.64	5.26	5.4	92.24	4.98	10.24

Tabelle XXXIII a.

Versuchspflanze: Hafer (Hauptfrucht), Ernte 1915.

Mittelträge und Gehalt der Ernte an Kali.

Be- zeichnung der Gefäße	Düngung für je 1 Gefäß mit Kali in Form von		Kali	Mittelträge an Trockensubstanz	Mehrertrag gegen ohne Kali	Gehalt der Ernte- substanz (auf trocken) an Trockensubstanz	Gehalt der Ernte- substanz (auf trocken) an Kali	100 g Trockensubstanz enthält K ₂ O in	Die Trockenernte enthält K ₂ O in	K ₂ O in der Mehr- ernte	Ausnutzung des K ₂ O des Düngers bezw. des Bodens in
Nr.			g	g	g	%	%	g	g	g	%
226—228	Ohne Kali.	. . . . .	—	6.09	—	88.23	0.687	0.779	0.0474	—	—
229—231	0.183 g K ₂ O als K ₂ SO ₄.	. . . . .	0.183	7.58	1.49	88.51	1.869	2.112	0.1601	0.1127	61.5
232—234	0.366 " "	. . . . .	0.366	8.36	2.27	88.92	3.364	3.783	0.3163	0.2689	73.4
235—237	Boden aus Standenbühl II	. . . . .	0.341	6.54	0.45	87.93	0.765	0.870	0.0569	0.0095	2.8
238—240	" Rodenkirchen I	. . . . .	0.341	7.20	1.11	87.44	0.765	0.875	0.0630	0.0156	4.6
241—243	" Geest-Gotberg	. . . . .	0.341	6.35	0.34	87.40	0.857	0.981	0.0623	0.0149	4.4
244—246	" Nieder-Zwehren	. . . . .	0.341	5.94	—	87.85	0.695	0.791	0.0470	—	—
247—249	" Dahlem G-Feld	. . . . .	0.341	5.42	—	87.43	0.751	0.859	0.0466	—	—

Tabelle XXXIIIb.

Versuchspflanze: Italienisches Raigras (Nachfrucht), Ernte 1915.

Mittelerträge und Gehalt der Ernten an Kali.

Bezeichnung der Gefäße	Düngung für je 1 Gefäß mit Kali in Form von		Kali	Mittelerträge an Trockensubstanz	Mehrertrag gegen ohne Kali	Gehalt der Erntesubstanz (infrutroeken) an Trockensubstanz	Gehalt der Erntesubstanz (infrutroeken) an Kali	100 g Trockensubstanz enthält K ₂ O in	Die Trockenernte enthält K ₂ O in	K ₂ O in der Mehr-ernte	Ausnutzung des K ₂ O des Düngers bezw. des Bodens in
Nr.			g	g	g	%	%	g	g	g	%
226—228	Ohne K ₂ O.	. . . . .	—	4.04	—	92.58	0.440	0.475	0.0192	—	—
229—231	0.183 g K ₂ O als K ₂ SO ₄.	. . . . .	0.183	5.66	1.62	92.95	0.899	0.967	0.0547	0.0355	19.3
232—234	0.366 " "	. . . . .	0.366	6.45	2.41	93.06	1.202	1.292	0.0833	0.0641	17.5
235—237	Boden aus Standenbühl II	. . . . .	0.341	5.45	1.41	92.34	0.559	0.605	0.0330	0.0138	4.0
238—240	" Rodenkirchen I	. . . . .	0.341	5.16	1.12	92.59	0.552	0.596	0.0308	0.0116	3.4
241—243	" Geest-Gottberg	. . . . .	0.341	6.49	2.45	92.97	0.685	0.737	0.0478	0.0286	8.4
244—246	" Nieder-Zwehren	. . . . .	0.341	4.80	0.76	92.33	0.518	0.561	0.0269	0.0077	2.3
247—249	" Dahlen G-Feld	. . . . .	0.341	4.82	0.78	92.65	0.580	0.626	0.0302	0.0110	3.2

Tabelle XXXIV.

Versuchspflanze: Hafer, Italienisches Raigras (Nachfrucht),
Ernte 1915.

Einzelserträge der Gefässe an Hafer und Raigras in lufttrockenem Zustande
und als Trockensubstanz.

Bezeichnung der Gefässe	Düngung für je 1 Gefäss mit Kali in Form von	Pflanze: Hafer			Pflanze: Ital. Raigras			Gesamt- Trockenernte
		Ernte (lufttrocken)	Trocken- substanz	Ernte trocken	Ernte (lufttrocken)	Trocken- substanz	Ernte trocken	
Nr.		g	%	g	g	%	g	g

Reine Böden ohne Sandzusatz.

434	Standenbühl II, ohne K_2O	9.4	88.73	8.34	11.55	91.62	10.58	18.92
435		9.8	89.32	8.75	11.05	91.87	10.15	18.90
436	Standenbühl II, mit 0.183 g	9.6	87.83	8.43	11.80	93.03	10.98	19.41
437	K_2O	10.1	89.03	8.99	11.65	92.14	10.73	19.72
438	Rodenkirchen I, ohne K_2O	11.0	89.14	9.81	11.5	92.27	10.61	20.42
439		10.5	89.11	9.36	13.5	92.26	12.46	21.82
441	Rodenkirchen I, mit 0.183 g	11.6	89.76	10.41	14.4	93.51	13.47	23.88
442	K_2O	10.5	89.39	9.39	13.55	92.51	12.54	21.93
460	Geest-Gottberg, ohne K_2O	8.9	89.07	7.93	11.8	93.26	11.00	18.93
461		10.0	89.42	8.94	12.6	93.13	11.73	20.67
462	Geest-Gottberg, mit 0.183 g	8.7	89.15	7.76	12.3	92.90	11.43	19.19
463	K_2O	9.4	89.42	8.41	11.9	93.37	11.11	19.52
464	Dahlem G-Feld, ohne K_2O	4.2	90.07	3.78	8.4	92.84	7.80	11.58
465		4.2	90.66	3.81	8.7	92.94	8.09	11.90
466	Dahlem G-Feld, mit 0.183 g	4.7	89.99	4.23	6.6	93.19	6.15(?)	10.38(?)
467	K_2O	4.2	90.41	3.80	11.6	92.81	10.77	14.57

Tabelle XXXV a.
Versuchspflanze: Hafer (Hauptfrucht), Ernte 1916.
Mittelträge und Gehalt der Ernten an Kali.

Bezeichnung der Gefäße	Nr.	Düngung für je 1 Gefäß mit Kali in Form von	Kali g	Mittelерträge an Trockensubstanz g	Mehrertrag gegen ohne Kali g	Gehalt der Ernte- substanz (auf-trocken) %	Gehalt der Ernte- substanz (auf-trocken) an Kali %	100 g Trockensubstanz enthält K ₂ O in g	Die Trockenernte enthält K ₂ O in g	K ₂ O in der Mehr- ernnte g	Ausnutzung des K ₂ O des Düngers bezw. des Bodens in %
Reine Böden ohne Sandzusatz.											
434—435		Standenbühl II ohne Kali	—	8.54	—	89.03	1.098	1.233	0.1053	—	—
436—437		" mit "	0.183	8.76	0.22	88.43	1.171	1.324	0.1160	0.0107	—
438—439		Rodenkirchen I ohne Kali	—	9.59	—	89.13	0.797	0.891	0.0867	—	—
441—442		" mit "	0.183	9.95	0.36	89.58	0.748	0.835	0.0831	—	—
460—461		Geest-Gottberg ohne Kali	—	8.44	—	89.24	1.302	1.459	0.1231	—	—
462—463		" mit "	0.183	8.09	—	89.29	1.379	1.544	0.1249	0.0018	—
464—465		Dahlem G-Feld ohne Kali	—	3.79	—	90.37	0.484	0.536	0.0203	—	—
466—467		" mit "	0.183	4.02	0.23	90.20	0.454	0.503	0.0202	—	—

Tabelle XXXV b.

Versuchspflanze: Italienisches Raigras (Nachfrucht), Ernte 1915.

Mittelträge und Gehalt der Ernten an Kali.

Bezeichnung der Gefäße	Düngung für je 1 Gefäß mit Kali in Form von	Kali g	Mittelträge an Trockensubstanz g	Mehrertrag gegen ohne Kali g	Gehalte der Ernte- substanz (nitrogen) %	Gehalte der Ernte- substanz (nitrogen) %	100 g Trockensubstanz enthält K ₂ O in g	Die Trockenernte enthält K ₂ O in g	K ₂ O in der Mehr- ernte g	Ausnutzung des K ₂ O des Düngers bezw. des Bodens in %
Nr.										

Reine Böden ohne Sandzusatz.

424—435	Standenbühl II ohne Kali	—	10.37	—	91.74	1.951	2.127	0.2206	—	—
436—437	" mit "	0.183	10.86	0.49	92.59	3.021	3.263	0.3544	0.1338	73.1
438—439	Rodenkirchen I ohne Kali	—	11.54	—	92.27	0.982	1.064	0.1228	—	—
441—442	" mit "	0.183	13.01	1.47	93.01	1.773	1.922	0.2501	0.1273	69.5
460—461	Geest-Gottberg ohne Kali	—	11.37	—	93.19	2.183	2.343	0.2664	—	—
462—463	" mit "	0.183	11.27	—	93.14	3.353	3.600	0.4057	0.1393	76.1
464—465	Dahlem G-Feld ohne Kali	—	7.94	—	92.89	0.907	0.976	0.0775	—	—
466—467	" mit "	0.183	8.46	0.52	93.00	1.851	1.989	0.1683	0.0908	49.6

Tabelle XXXVI.

Versuchspflanze: Hafer (Hauptfrucht) und Italienisches Raigras (N₂schrucht), Ernte 1915.
 Einzelerträge der Gefässe an Hafer und Raigras in lufttrockenem Zustande sowie an Trockensubstanz.

Be- zeichnung der Gefässe	Nr.	Düngung für je 1 Gefäss mit Kali in Form von	Pflanze: Hafer				Pflanze: Ital. Raigras				Gesamt- Trocken- ernte
			Ernte (luft- trocken)	Trocken- substanz	Ernte trocken	g	Ernte (luft- trocken)	Trocken- substanz	Ernte trocken	g	
			g	%	g		g	%	g		g
468		5000 g Boden, Dahlem G-Feld	4.8	90.11	4.33		8.8	91.43	8.05		12.38
470			4.4	90.21	3.97		9.0	92.71	8.34		12.31
471		3000 g Boden, Dahlem G-Feld	3.0	90.11	2.70		6.5	92.55	6.02		8.72
472			4.0	89.18	3.57		6.2	92.71	5.75		9.32
473		2000 g Boden, Dahlem G-Feld	2.0	90.35	1.81		6.2	92.45	5.73		7.54
474			1.6	88.20	1.41		5.9	92.36	5.45		6.86
475		1000 g Boden, Dahlem G-Feld	3.0	90.20	2.71		4.4	93.11	4.10		6.81
476			3.4	89.85	3.05		4.3	92.67	3.98		7.03

Tabelle XXXVII.

Versuchspflanze: Hafer (Hauptfrucht) und Italienisches Raigras (Nachfrucht), Ernte 1915.
Mittelerträge und Gehalt der Ernten an Kali.

Bezeichnung der Gefäße	Düngung für je 1 Gefäß mit Kali in Form von	Kali g	Mittelerträge an Trockensubstanz g	Mehrertrag gegen ohne Kali g	Gehalt der Erntesubstanz (auftrucken) %	Gehalt der Erntesubstanz an Trockensubstanz %	Gehalt der Erntesubstanz (auftrucken) an Kali %	100 g Trockensubstanz enthält K ₂ O in g	Die Trockenernte enthält K ₂ O in g	K ₂ O in der Mehreerte g	Ausnutzung des K ₂ O des Düngers bezw. des Bodens in %
Nr.											
Hafer.											
468—470	5000 g Boden, Dahlem G-Feld	—	4.15	—	90.16	0.362	0.402	0.0167	—	—	—
471—472	3000 "	—	3.14	—	89.14	0.321	0.360	0.0113	—	—	—
473—474	2000 "	—	1.61	—	89.78	0.195 ^(*)	0.217	0.0035	—	—	—
475—476	1000 "	—	2.88	—	90.03	0.307	0.341	0.0098	—	—	—
Italienisches Raigras.											
468—470	5000 g Boden, Dahlem G-Feld	—	8.19	—	92.07	0.911	0.989	0.0810	—	—	—
471—472	3000 "	—	5.89	—	92.63	0.694	0.749	0.0441	—	—	—
473—474	2000 "	—	5.59	—	92.41	0.760	0.822	0.0459	—	—	—
475—476	1000 "	—	4.04	—	92.89	0.527	0.567	0.0229	—	—	—

Neue Erfahrungen bei der Bestimmung
der zitratlöslichen Phosphorsäure nach der
PETERMANNSchen Methode.

Von

H. NEUBAUER und E. WOLFERTS.

Tricalciumphosphat löst sich in einer wässrigen Lösung von Schwefeldioxyd auf unter Bildung von Monocalciumphosphat und Monocalciumsulfit. Kocht man die Lösung, so fällt unter Entwicklung von Schwefeldioxyd ein Gemisch von Dicalciumphosphat und Calciumsulfit aus. Das letztere lässt sich durch Zugabe von Monocalciumphosphat oder freier Phosphorsäure beim Kochen auch in Dicalciumphosphat verwandeln unter Abspaltung von Schwefeldioxyd, so dass auf diese Weise aus dem Gemisch ein von Sulfit freies Dicalciumphosphat entsteht. Dieses im Deutschen Reiche unter Nr. 170631, Klasse 16, vom 28. Oktober 1902 ab patentierte Verfahren wird von der Chemischen Fabrik Calbe (Saale) zur Herstellung von Dicalciumphosphat benutzt.

Das Präparat musste sich nach dem von PETERMANN ausgearbeiteten Verfahren praktisch vollständig in der PETERMANNschen ammoniakalischen Zitratlösung auflösen, seine Phosphorsäure musste also fast vollständig zitratlöslich sein, doch zeigten die in verschiedenen Laboratorien ausgeführten Versuche sehr grosse Abweichungen.

Die PETERMANNSche Vorschrift lautet folgendermassen:¹⁾

„1 g Substanz wird mit 100 ccm PETERMANNScher Zitratlösung in einer Reibschale zerrieben und in einen 200 ccm-Kolben gespült, 15 Stunden bei gewöhnlicher Temperatur unter Umschütteln stehen gelassen, dann bei 40° 1 Stunde im Wasserbad digeriert, nach dem Erkalten aufgefüllt, gemischt und filtriert. Die in Lösung gegangene Phosphorsäure wird nun bestimmt“

¹⁾ Methodes suivies dans l'analyse des matières fertilisantes, publiées par A. PETERMANN. Gembloux 1897.

In dieser Vorschrift lässt die Angabe „15 Stunden lang unter Umschütteln stehen gelassen“ dem persönlichen Ermessen einen viel zu grossen Spielraum, der bei schwerer löslichen Präparaten schon oft zu grossen Abweichungen der Untersuchungsergebnisse geführt hat. „Unter Umschütteln stehen gelassen“, kann nun ganz sicher nicht bedeuten, dass man die Flüssigkeit 15 Stunden lang in ständiger Bewegung hält, und doch ist bei der Untersuchung des hier in Rede stehenden Präzipitats der Chemischen Fabrik Calbe die eine Untersuchungsstelle so verfahren, indem sie die Kölbchen 15 Stunden lang in dem für die Analyse von Thomasmehlen bestimmten Apparat rotieren liess. Hier liegt ganz unzweifelhaft eine starke Abweichung von der PETERMANNSchen Vorschrift vor, das so gewonnene Ergebnis kann nicht als „zitratlösliche Phosphorsäure nach PETERMANN“ bezeichnet werden, zum mindesten hätte auf die Abweichung von der PETERMANNSchen Vorschrift ausdrücklich hingewiesen werden müssen. Aber auch wer sich der genauesten Befolgung der Vorschrift bemüht, wird wegen ihrer unbestimmten Fassung bei einem schwer löslichen Präparat bis zu einer gewissen Grenze zu immer höheren Ergebnissen kommen, je öfter und stärker er während der 15 Stunden umschüttelt. Erschwerend für eine gleichmässige Ausführung der Vorschrift kommt noch hinzu, dass die 15 Stunden länger als ein Tagewerk dauern, der Analytiker also ungebührlich lange an sein Kölbchen gefesselt bleibt, wenn er regelmässig umschütteln will.

Längere Zeit mit den verschiedensten Präparaten von gefällttem phosphorsaurem Kalk an der Versuchs-Station Bonn angestellte Versuche zeigten nun, dass man die höchste nach der PETERMANNSchen Vorschrift bei häufigem Umschütteln innerhalb 15 Stunden und nachfolgendem einstündigem Erwärmen erreichbare Löslichkeit auch viel einfacher durch ununterbrochenes 3stündiges Rotierenlassen im Thomasmehlapparat erzielen kann. Diese bei einfacherer Ausführbarkeit die Unbestimmtheit der PETERMANNSchen Vorschrift beseitigende und deshalb gleichmässiger Ergebnisse gewährleistende Änderung des Verfahrens wurde vom Verband landwirtschaftlicher Versuchs-Stationen im Deutschen Reiche als Verbandsmethode angenommen.¹⁾

¹⁾ Über die Verhandlungen vergl. folgende Stellen in den „Landwirtschaftl. Versuchs-Stationen“: Bd. 60 (1904), S. 240; Bd. 62 (1905), S. 199; Bd. 64 (1906), S. 40; Bd. 68 (1908), S. 134; Bd. 72 (1910), S. 357; Bd. 78 (1912), S. 24; Bd. 85 (1914), S. 218; Bd. 86 (1915), S. 150.

Bei den bis dahin geprüften Präzipitaten konnte bei längerem Rotierenlassen keine nennenswerte Zunahme der Löslichkeit der Phosphorsäure in der PETERMANNschen Flüssigkeit wahrgenommen werden, erst die nach dem eingangs erwähnten, von dem gewöhnlichen abweichenden Verfahren gewonnenen Erzeugnisse der Chemischen Fabrik Calbe zeigten bei längerem Schütteln und auch bei längerem Erwärmen auf 40° eine viel stärkere Zunahme der Löslichkeit. Es seien hier folgende Zahlen angeführt:

Es wurden erhalten Prozent zitratlösliche Phosphorsäure (P_2O_5):

Probe 1 mit 43.4% Gesamtphosphorsäure.

Genau nach PETERMANN	36.8
Statt dessen	
3 Stunden rotiert	35.4
5 " "	36.8
7 " "	37.7
3 " " und	
1 Stunde	37.4
2 Stunden	38.8
4 " }	auf 40° erwärmt 39.7
5 " }	41.4
6 " }	41.8

Nur auf 40° erwärmt:

3 Stunden	39.1
5 " "	39.5
6 " "	39.4
7 " "	40.4
8 " "	40.6
9 " "	40.6
10 " "	40.6

Probe 2 mit 46.2% Gesamtphosphorsäure.

Genau nach PETERMANN	37.4
3 Stunden rotiert	40.2
7 " erwärmt	43.7

Wie sich namentlich aus der ausführlichen Untersuchung der Probe 1 ergibt, unterstützt das Erwärmen unter öfterem Umschwenken die Lösung viel mehr als das Rotierenlassen, es wäre also dem Erwärmen der Vorzug zu geben, das noch dazu viel bequemer, auch billiger ist.

Ehe man sich zu einer solchen Abänderung der PETERMANNschen Vorschrift entschliessen könnte, müsste aber noch die

sehr wichtige Frage im bejahenden Sinne entschieden werden, ob dann der Zweck des Verfahrens, die Unterscheidung von Di- und Tricalciumphosphat, noch erreicht wird. Deshalb wurden noch die folgenden Lösungsversuche angestellt:

	Gesamt- P_2O_5 %	In PETERMANN'Scher Lösung zitratlöslich P_2O_5		
		Genau nach PETERMANN	3 Stunden rotiert	7 Stunden rotiert
		%	%	%
Tricalciumphosphat 1 . . .	41.8	4.0	3.8	4.7
„ 2 . . .	40.8	4.1	3.7	4.7
Phosphorsaurer Futterkalk 1	41.0	36.4	36.7	36.9
„ „ 2	30.0	15.6	15.7	16.8
Entleimtes Knochenmehl .	30.9	4.7	5.1	6.1
Rhenaniaphosphat . . .	11.9	6.6	6.7	7.3

Entscheidend sind die Versuche mit den beiden Proben von durch Fällung erhaltenem Tricalciumphosphat. Es waren zwei zu ganz verschiedenen Zeiten als chemisch rein bezogene Handelspräparate. Die Erhöhung der in Lösung gehenden Phosphorsäuremenge durch das lange Erwärmen gegenüber der Arbeitsweise genau nach PETERMANN kann für die Zwecke, denen das Verfahren dienen soll, als unwesentlich gelten. Ebenso gering ist der Unterschied bei dem entleimten Knochenmehl.

Um noch ein letztes Bedenken zu zerstreuen, wurden mit dem besonders schwer löslichen Präzipitat der Chemischen Fabrik Calbe Versuche angestellt, ob die Lösung stark beeinträchtigt wird, wenn man während des Erwärmens nicht sehr oft umschwenkt.

Es wurden bei 7 stündigem Erwärmen gelöst Prozent P_2O_5 :

- 40.4 oft umgeschwenkt,
- 40.3 halbstündlich einmal umgeschwenkt,
- 40.1 stündlich einmal umgeschwenkt,
- 30.5 gar nicht umgeschwenkt.

Die Zahlen zeigen, dass es selbst bei diesem besonders schwer löslichen Präparat zur Lösung der Phosphorsäure genügt, die Flüssigkeit etwa alle halbe Stunden einmal durchzuschütteln. Natürlich wird bei leichter löslichen Materialien der Einfluss des mehr oder minder häufigen Umschwenkens erst recht gering sein.

Auf Grund unserer Versuche glauben wir, zu der Annahme berechtigt zu sein, dass man zur raschen und praktisch meist genügenden Trennung von Di- und Tricalciumphosphat zweck-

mässig die Behandlung der Substanz nach der ursprünglichen PETERMANNSchen Vorschrift durch eine 7stündige Erwärmung auf 40° ersetzt und dabei wenigstens alle halbe Stunden einmal umschwenkt.

Wenn man so verfährt, erhält man vielleicht auch bei der Bestimmung der „zurückgegangenen“ Phosphorsäure in Superphosphaten gleichmässige Ergebnisse als bisher.

Die hier vorgeschlagene Digestionsdauer von 7 Stunden genügt, um auch das am schwersten lösliche Dicalciumphosphat, das bisher bekannt geworden ist, aufzulösen. Denkbar wäre natürlich auch das Auftauchen einer noch schwerer löslichen Form. Es empfiehlt sich deshalb in Zweifelsfällen, die Erwärmung noch länger auszudehnen und darüber im Untersuchungsbericht eine Erläuterung zu geben. Wieweit sich solche schwerlöslichen Präparate als Futterbeigabe eignen, ist eine Frage für sich, doch scheint eine besonders leichte Löslichkeit für diesen Zweck nicht nötig zu sein.

Bei niederer Temperatur vorsichtig getrocknete Fällungen von Dicalciumphosphat lösen sich schon bei viel kürzerer Dauer der Erwärmung. Sollte es also darauf ankommen, die Weichheit und leichte Durchdringbarkeit solcher Präparate darzutun, so wird man die Behandlung abkürzen. Je steiler bei zunehmender Digestionsdauer die Löslichkeitskurve ansteigt, je schneller ihre Erhebung den Grenzwert erreicht, umso weicher und feiner ist das in dem Präparat enthaltene Dicalciumphosphat. Natürlich müsste bei Gemischen mit anderen Stoffen immer erst geprüft werden, ob das PETERMANNSche Verfahren überhaupt anwendbar ist.

Der Vollständigkeit halber geben wir zum Schluss noch die ganze Vorschrift zur Ausführung des PETERMANNSchen Verfahrens mit den von uns vorgeschlagenen Änderungen wieder. Das Verfahren bezweckt die Auflösung der als Dicalciumphosphat vorhandenen Phosphorsäure, wobei die als Tricalciumphosphat beigemengte zum grössten Teil ungelöst bleiben soll.

1. Ausführung der Bestimmung.

Auf 1 g Substanz werden 100 ccm ammoniakalischer PETERMANNScher Zitratlösung angewandt. Die Substanz wird zunächst in einer Reibschale mit kleinen Mengen der Lösung sehr fein verrieben und mit dem Rest der Lösung in einen 200 ccm-Masskolben gespült. Bei nicht ganz gleichartigem

Material ist es besser, etwas grössere Mengen zu verwenden, z. B. 2.5 g Substanz und 250 ccm PETERMANNScher Lösung in einem 500 ccm-Kolben. Der Kolben wird 7 Stunden lang in ein auf 40° erwärmtes Wasserbad eingesetzt und wenigstens alle halbe Stunden einmal kräftig umgeschwenkt. Dann wird abgekühlt, mit Wasser aufgefüllt, gemischt, filtriert und im Filtrat die Phosphorsäure bestimmt. Da etwas Meta- oder Pyrophosphorsäure zugegen sein kann, ist die zur Fällung abgemessene Lösung mit $\frac{1}{5}$ ihres Volumens Salpetersäure von 1.4 spez. Gewicht 10 Minuten lang bis nahe zum Sieden zu erhitzen. (Diese Behandlung mit Salpetersäure scheint allerdings fast immer entbehrlich zu sein, besonders wenn man die Phosphorsäure nach der LORENZschen Methode bestimmt.)

2. Herstellung der PETERMANNSchen ammoniakalischen Ammonzitratlösung.

Die folgende Vorschrift ist leichter und sicherer auszuführen als die PETERMANNSche Originalvorschrift und führt zu derselben Lösung.¹⁾

Auf jedes Liter der herzustellenden Lösung werden 173 g reine, unverwitterte, kristallisierte Zitronensäure gelöst und so viel Ammoniakflüssigkeit, deren Gehalt durch Titration zu ermitteln ist, langsam und unter Kühlung zugesetzt, dass auf 1 l der fertigen Lösung 42.0 g Ammoniak-Stickstoff entfallen. Man braucht 536.9 ccm Ammoniakflüssigkeit vom spez. Gewicht $0.960 \frac{15^{\circ}}{15^{\circ}}$, da diese in 1 l $\frac{15^{\circ}}{15^{\circ}}$ 78.22 g Ammoniak-Stickstoff enthält. Man lässt nun auf 15° erkalten und füllt mit Wasser von 15° auf das herzustellende Volumen auf. Das spez. Gewicht der Lösung ist 1.082 bis 1.083 $\frac{15^{\circ}}{15^{\circ}}$.

Zur Kontrolle der fertigen Lösung bestimmt man ausser dem spez. Gewicht den Stickstoffgehalt. Man verdünnt 25 ccm auf 250 ccm und nimmt davon 25, entsprechend 2.5 ccm der ursprünglichen Lösung. Es müssen darin enthalten sein 0.1050 g Stickstoff.

¹⁾ Landw. Versuchs-Stationen Bd. 72 (1910), S. 363.

Die Löslichkeit verschiedener Phosphate und deren Ausnutzung durch Hafer und Buchweizen.

Von

TH. PFEIFFER, W. SIMMERMACHER u. M. SPANGENBERG.

(Zweite Mitteilung.)

(Hierzu Tafel III.)

Bei einer den gleichen Gegenstand betreffenden, im vorigen Jahr erschienenen¹⁾ Veröffentlichung waren wir zu dem Endergebnis gelangt, dass erstens die Düngemittelanalyse unter Benutzung von kohlensäure-gesättigtem Wasser nicht immer den Ergebnissen der Vegetationsversuche zu folgen vermag, und dass zweitens der Buchweizen ein grösseres Lösungsvermögen als der Hafer für schwer zugängliche Phosphorsäure-Verbindungen besitzt, welche Tatsache nur mit dem Gehalt des Wurzelsaftes an organischen Säuren in Zusammenhang gebracht werden kann. Die betreffenden Pflanzenkulturen waren in grossen, 18.5 kg Odersand fassenden Zinkgefässen durchgeführt worden, und da die Wurzeln des Buchweizens bekanntlich ein verhältnismässig sehr geringes Tiefenausbreitungs-Vermögen besitzen, so war eine Wiederholung der Versuche in kleineren Gefässen aus mehrfachen Gründen erwünscht. Eine solche hat im Sommer 1915 stattgefunden, und wir haben ausserdem zur weiteren Sicherstellung der gezogenen Schlussfolgerungen noch einige andere Punkte einer experimentellen Prüfung unterworfen.

Von den kleineren Gefässen, die den gleichen Durchmesser wie die grossen, aber eine geringere Höhe besitzen und deshalb nur 11.0 kg Odersand zu fassen vermögen, standen uns leider nur 64 zur Verfügung, und Neuanschaffungen sollten aus nahe-

¹⁾ Landw. Versuchs-Stationen Bd. 86, 1915, S. 191.

liegenden Gründen nach Möglichkeit vermieden werden. Die Versuchsanordnung des Vorjahrs, die 92 Gefässe beansprucht hatte, war daher undurchführbar; wir standen vielmehr vor der Wahl, entweder auf Heranziehung eines der 3 Phosphate — Di- und Tricalciumphosphat, sowie Angaurphosphat — zu verzichten, oder uns auf die Anwendung von je zwei verschiedenen hohen Phosphorsäure-Gaben zu beschränken. Der zweite Weg schien uns der zweckmässigere zu sein, weil wir so hoffen durften, wieder für die Wirkung von allen 3 Phosphaten eine logarithmische Gleichung aufstellen zu können. Die Grunddüngung betrug pro Gefäss:

	5.5 g K_2SO_4
	7.2 „ NH_4NO_3 (hiervon die Hälfte als Kopfdüngung
in 3 Gaben zwischen 26. Mai und 17. Juni)	
	2.5 g $MgSO_4 \cdot 7H_2O$
	0.5 „ $NaCl$
	1.0 „ $CaSO_4 \cdot 2H_2O$.

Die sonstige Versuchsanordnung, bei der wir hinsichtlich des Di- und Tricalciumphosphates bei der niedrigsten und höchsten Gabe des Vorjahres stehen blieben, während vom Angaurphosphat, entsprechend seiner im vorigen Jahr festgestellten geringen Ausnutzungsfähigkeit, grössere Mengen zur Verwendung gelangten, ergibt sich aus den Angaben der Tabelle 1.

(Siehe die Tabelle 1 auf S. 205.)

Zur Aussaat gelangten je 48 Hafer- und Buchweizenkörner, letztere im vorgekeimten Zustand, am 22. April, die am 27., bezw. 28.—29. April sehr regelmässig aufliessen. Von den jungen Keimpflanzen wurden so viel beseitigt, dass je 20 kräftige Exemplare stehen blieben. Am 15. Mai wurde die volle Wassergabe, 1200 g pro Gefäss, gegeben, und vom folgenden Tage an fand für einen besonderen Zweck die Feststellung des Wasserverbrauches bei 44 Gefässen statt, während die übrigen nur immer durch Giessen auf das bestimmte Gewicht gebracht wurden. Gefäss Nr. 16 verunglückte im Laufe des Versuches, so dass die betreffende Durchschnittszahl sich nur auf die Ergebnisse von 3 Parallelgefässen bezieht. Bei den Gefässen 61—64 war schon frühzeitig ein Zurückbleiben der Buchweizenpflanzen deutlich erkennbar; die zur Bestimmung des Höchstertrages (A in der logarithmischen Gleichung) benutzte Gabe von 2.0 g P_2O_5 als $CaHPO_4$ hatte,

Tabelle 1.

Nummer der Gefäße	Differenzdüngung		Ernte, Trockensubstanz		Darin P ₂ O ₅	
			g	wahrscheinl. Schwankung g	%	g
	in Form von	P ₂ O ₅ g				
a) Hafer.						
1—4	—	—	5.4	± 0.23	0.154	± 0.0003
5—8	Dicalciumphosphat	0.2	61.3	± 1.14	0.161	± 0.0020
9—12		0.6	95.8	± 0.78	0.338	± 0.0026
13—16	Tricalciumphosphat	0.3	45.2	± 1.88	0.204	± 0.0038
17—20		0.9	64.9	± 1.13	0.288	± 0.0033
21—24	Angaurphosphat	3.0	22.3	± 1.30	0.259	± 0.0034
25—28		6.0	38.8	± 1.99	0.277	± 0.0055
29—32	Dicalciumphosphat	2.0	110.1	± 0.78	0.911	± 0.0071
b) Buchweizen.						
33—36	—	—	5.9	± 0.14	0.268	± 0.0004
37—40	Dicalciumphosphat	0.2	36.0	± 1.25	0.296	± 0.0037
41—44		0.6	52.9	± 0.74	0.540	± 0.0040
45—48	Tricalciumphosphat	0.3	27.5	± 2.13	0.395	± 0.0084
49—52		0.9	40.3	± 1.78	0.519	± 0.0092
53—56	Angaurphosphat	3.0	30.2	± 2.40	0.566	± 0.0136
57—60		6.0	36.2	± 3.69	0.727	± 0.0268
61—64	Dicalciumphosphat	2.0	32.9	± 4.29	1.593	± 0.0683

wie dann namentlich die Ernteergebnisse bewiesen, eine Schädigung verursacht. Wir müssen offen bekennen, dass wir dieses Verhalten der Buchweizenpflanze vielleicht hätten voraussehen können, da eine Steigerung der P_2O_5 -Gabe von 0.6 auf 2.0 g in gleicher Form im Vorjahre bei Benutzung der grossen Gefässe nur eine Mehrernte von 4.3 g zu erzielen vermocht hat. Eine derartig ungünstige Wirkung einer Überschussdüngung mit dem genannten Phosphate hat uns aber ausserordentlich überrascht und wird weiter unten noch näher besprochen werden. Im Übrigen war der Vegetationsverlauf ein normaler und gibt zu besonderen Bemerkungen keine Veranlassung. Die Ernte fand am 2. Juli statt; der Hafer stand in der Milchreife, der Buchweizen wies reife Körner auf. Die Wurzelmassen wurden aus 40 Gefässen, abermals zu einem besonderen Zwecke, sorgfältig ausgewaschen, getrocknet und gewogen und dienten dann ebenso wie die oberirdische Pflanzensubstanz unter Zusammenfassung von je 4 — in dem einen Falle 3 — Parallelgefässen zur Bestimmung der P_2O_5 .

Die Übereinstimmung der Ergebnisse von den Parallelgefässen ist nach Ausweis der den Mittelzahlen beigefügten wahrscheinlichen Schwankungen beim Hafer eine durchaus befriedigende, während beim Buchweizen, auch abgesehen von dem bereits erwähnten Falle, leider einige grössere Unregelmässigkeiten in den Kauf genommen werden müssen. Ein bestimmter Grund war hierfür nicht auffindbar, und die Einzelwerte bewegen sich auch in einer Richtung, z. B. Nr. 53/54: 29.1—33.3—37.9—20.7 g Trockensubstanz, bei der eine Ausschaltung dieser oder jener Zahl für die Durchschnittsberechnung nicht in Frage kommen kann. Die zwischen dem Hafer und dem Buchweizen hinsichtlich der Wirkung der verschiedenen Phosphate bestehenden Unterschiede sind aber so gross, dass die berechneten wahrscheinlichen Schwankungen, wie noch gezeigt werden wird, an der zu ziehenden Schlussfolgerung nichts zu ändern vermögen.

Mit Bezug auf die Berechnung der logarithmischen Gleichungen verweisen wir auf unsere erste Mitteilung (l. c., S. 197) und namentlich auf die betreffende Anmerkung, deren Angaben selbstverständlich auch im vorliegenden Falle Berücksichtigung gefunden haben. Für den Höchstertrag (A) fehlt uns in diesem Jahre beim Buchweizen die experimentelle Grundlage, da die Düngung mit 2.0 g P_2O_5 in Form von $CaHPO_4$ bekanntlich bereits eine Pflanzenschädigung verursacht hatte. Wir haben deshalb die

entsprechende Zahl, 56.0 g Trockensubstanz, der 1914er Versuche in die Rechnung eingesetzt, der sich der Ertrag bei 0.6 g P_2O_5 als $CaHPO_4$ (52.9 g) noch etwas mehr nähert als im Vorjahre; dieses Verhalten entspricht aber der erwähnten besseren Wirkung der Phosphate auf die Entwicklung des Buchweizens in den kleineren Gefäßen, die sich allgemein eingestellt hat, während, wie gesagt, die Überschussdüngung bereits zu einem deutlichen Minderertrage geführt hat.

Die Gleichungen lauten:

Hafer.

Dicalciumphosphat	$\log (107 - y) = 2.0025 - 1.658 \cdot x$
Tricalciumphosphat	$\log (107 - y) = 2.0025 - 0.495 \cdot x$
Angaurphosphat	$\log (107 - y) = 2.0025 - 0.027 \cdot x$

Buchweizen.

Dicalciumphosphat	$\log (56 - y) = 1.6990 - 2.040 \cdot x$
Tricalciumphosphat	$\log (56 - y) = 1.6990 - 0.645 \cdot x$
Angaurphosphat	$\log (56 - y) = 1.6990 - 0.082 \cdot x$

Der hiernach erzielte Anschluss zwischen den gefundenen und berechneten Werten wird in Tabelle 2 nachgewiesen.

Tabelle 2.

Differenzdüngung		Hafer. Trockensubstanz Gramm					Buchweizen. Trockensubstanz Gramm				
in Form von	P_2O_5	gefunden	berechnet	Ab- weichung	Abweichung = Vielfaches der wahrsch. Schwankung		gefunden	berechnet	Ab- weichung	Abweichung = Vielfaches der wahrsch. Schwankung	
	g	g	g	g			g	g	g		
Ohne P_2O_5	—	5.4	6.4	+ 1.0	4.3		5.9	6.0	+ 0.1	0.7	
Dicalciumphosphat	0.2	61.3	60.1	— 1.2	1.1		36.0	36.3	+ 0.3	0.2	
„	0.6	95.8	96.8	+ 1.0	1.3		52.9	52.8	— 0.1	0.1	
Tricalciumphosphat	0.3	45.2	35.4	— 9.8	5.2		27.5	23.8	— 3.7	1.7	
„	0.9	64.9	70.9	+ 6.0	5.3		40.3	42.7	+ 2.4	1.3	
Angaurphosphat	3.0	22.3	23.5	+ 1.2	0.5		30.2	27.4	— 2.8	1.2	
„	6.0	38.8	37.7	— 1.1	1.0		36.2	39.7	+ 3.5	0.9	
Dicalciumphosphat	2.0	110.1	107.0	— 3.1	3.9		—	—	—	—	

Einzig und allein die Ergebnisse beim Hafer mit Tricalciumphosphat boten bezüglich der Aufstellung einer logarithmischen Gleichung einige Schwierigkeiten. Wir sind hier so vorgegangen,

dass wir für den anscheinend zu hohen Ertrag bei 0.3 g P_2O_5 , der nach Tabelle 1 unter einer höheren wahrscheinlichen Schwankung zu leiden hat, eine grössere Abweichung für zulässig erachtet haben, als für das sich umgekehrt verhaltende Resultat bei 0.9 g P_2O_5 . Die Abweichungen liegen daher in beiden Fällen fast gleichmässig innerhalb der 5.2 bzw. 5.3 fachen wahrscheinlichen Schwankung und überschreiten daher etwas die sonst üblichen Grenzen. Ein besserer Ausgleich war aber schlechterdings nicht erreichbar.

Der Wirkungswert der drei Phosphate berechnet sich aus den Proportionalitätsfaktoren obiger Gleichungen wie folgt:

	Dicalciumphosphat	Tricalciumphosphat	Angaurphosphat
Hafer	1.658	: 0.495	: 0.027
"	100	: 29.9	: 1.6
Buchweizen	2.040	: 0.645	: 0.082
"	100	: 31.6	: 4.0

Für einen Vergleich der vorliegenden Ergebnisse mit den vorjährigen ist neben den Wirkungswerten die Löslichkeit der P_2O_5 in kohlensäuregesättigtem Wasser zu berücksichtigen, deren Bestimmung nicht wiederholt zu werden brauchte, weil die 1914 untersuchten Präparate auch jetzt Verwendung gefunden haben. Unter Hinweis auf die näheren Angaben l. c. S. 192/194 und 197/198 genügt die folgende Gegenüberstellung.

Tabelle 3.

	Löslichkeit der P_2O_5	Wirkungswert 1914		Wirkungswert 1915	
		Hafer	Buchweizen	Hafer	Buchweizen
Dicalciumphosphat . . .	100	100	100	100	100
Tricalciumphosphat . .	56	25.6	34.8	29.9	31.6
Angaurphosphat	4.6	1.5	2.6	1.6	4.0

Lassen wir vorläufig die sich zwischen dem Hafer und Buchweizen zeigenden Unterschiede ausser Betracht, so ergibt sich deutlich, dass auch in diesem Jahre die chemische und pflanzenphysiologische Düngemittelanalyse im Gegensatz zu den betreffenden Feststellungen von MITSCHERLICH zu keiner Übereinstimmung geführt haben. Die in beiden Jahren gefundenen Wirkungswerte weichen nicht erheblich voneinander ab, und

die verhältnismässig grösste Differenz der Düngung des Buchweizens mit Angaurphosphat wird noch eine Erklärung finden, die den konstatierten Gegensatz noch weiter verschärft.

Wir stiessen ferner im vorigen Jahr auf die Tatsache (l. c., S. 201), dass das Verhältnis zwischen Sättigungskonzentration, die wir ebenfalls nicht wieder zu bestimmen brauchten, und Wirkungsfaktor für die benutzten Phosphate nicht, wie MITSCHERLICH dies gefunden hat, ein gleiches war. Die vorliegenden Versuche liefern hierfür eine Bestätigung.

	Wirkungsfaktor für P_2O_5 (W)	Sättigungskonzentration (S)	Verhältnis S : W
H a f e r.			
Dicalciumphosphat . .	1.658	0.329	0.198
Tricalciumphosphat . .	0.495	0.193	0.390
Angaurphosphat . . .	0.027	0.035	1.296
B u c h w e i z e n.			
Dicalciumphosphat . .	2.040	0.329	0.161
Tricalciumphosphat . .	0.645	0.193	0.299
Angaurphosphat . . .	0.082	0.035	0.427

Bei der pflanzenphysiologischen Düngemittelanalyse ist, wenn wir von den organischen Säuren im Wurzelsafte der Pflanzen vorläufig absehen, neben der kohlenensäurehaltigen Bodenflüssigkeit auch deren Gehalt an Nährsalzen verschiedener Art, die fördernd oder hemmend auf die Lösung der Phosphate wirken können, zu berücksichtigen. Man hat nun schon dem Gedanken Ausdruck verliehen, dass bei der chemischen Bodenanalyse die gleichen Nährsalze der Lösungsflüssigkeit zuzusetzen seien, um hierdurch eine bessere Übereinstimmung zwischen den Ergebnissen der genannten beiden Methoden zu erreichen. Wir glauben nicht, dass dieser Weg zum Ziele führen kann und stützen uns hierbei auf folgende Beobachtungen. Unter den von uns alljährlich für Vorlesungszwecke angestellten Demonstrationsversuchen befinden sich auch solche, die die physiologisch-saure bzw. alkalische Eigenschaft des Ammoniumsulfates bzw. des Natriumnitrates veranschaulichen sollen. Für diesen Zweck werden Sandkulturen mit einer Knochenmehl-Düngung versehen und erhalten als Stickstoffquelle teils $(NH_4)_2SO_4$, teils $NaNO_3$; eine weitere Beigabe von $CaCO_3$ neben $(NH_4)_2SO_4$ auf anderen Gefässen, sowie Versuche ohne jede Phosphorsäuredüngung und

mit einer solchen in leichtlöslicher Form vervollständigen das gewünschte Bild. Der Erfolg ist natürlich immer der zu erwartende, dass nämlich die Düngung mit $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ die Wirkung der Knochenmehl-Phosphorsäure sehr deutlich begünstigt, während die Beigabe von CaCO_3 schädlich wirkt, und Salpeter etwa in gleicher Weise zur Geltung kommt, d. h. eine nur sehr mässige Ertragssteigerung durch die Knochenmehl-Phosphorsäure anzeigt. Die in der beigefügten Tafel III zur Darstellung gebrachten Versuche aus dem Jahre 1914 waren mit folgenden Düngermengen pro Gefäss (16.5 kg Odersand) versehen worden.

	1. Voll- düngung g	2. Ohne P_2O_5 g	3. Knochen- mehl + NaNO_3 g	4. Knochen- mehl + $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ g	5. Knochen- mehl + $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ + CaCO_3 g
Grunddüngung { K_2SO_4	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
{ MgCl_2	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
$\text{CaH}_4(\text{PO}_4)_2$	4.0	—	—	—	—
NaNO_3	16.0	16.0	16.0	—	—
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	—	—	—	13.0	13.0
Knochenmehl	—	—	10.0	10.0	10.0
CaCO_3	—	—	—	—	30.0

Der Ertrag der oberirdischen Trockensubstanz in Gramm stellte sich auf:

165.0	22.5	33.0	85.0	35.0
-------	------	------	------	------

Tafel III und Zahlenergebnis zeigen klar und deutlich das, worauf es ankommt.

Wir haben dann weiter je 2 g des benutzten Knochenmehls unter Zusatz verhältnismässig gleicher Mengen der bei den Vegetationsversuchen benutzten Nährsalze mit 2000 ccm vorher und dauernd mit CO_2 gesättigten Wassers im MITSCHERLICHschen Apparate bei 30°C . 6 Stunden gerührt und in den Filtraten die P_2O_5 bestimmt. Das Durchschnittsergebnis von je 2 Parallelversuchen war das folgende:

	I.	II.	III.	IV.
Grunddüngung		Grunddüngung + NaNO_3	Grunddüngung + $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	Grunddüngung + $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ + CaCO_3
P_2O_5 %	10.65	11.36	12.60	0.30

Der augenfällige Unterschied in der Wirkung der beiden N-verbindungen auf die Ausnutzung der Knochenmehl-Phosphor-

säure prägt sich in vorstehenden Ergebnissen der chemischen Düngemittelanalyse so gut wie gar nicht aus, weil das Ammoniak-salz nicht oder kaum als solches lösend wirkt, sondern erst nach Abspaltung der freien Schwefelsäure, was für den Salpeter in sinngemässer Weise umgekehrt gilt. Nur die Beigabe von CaCO_3 hat dem Vegetationsversuche entsprechend auf die Lösung der P_2O_5 einen hemmenden Einfluss ausgeübt, aber natürlich nicht etwa infolge Bindung der abgespaltenen Schwefelsäure, wie beim Gefässversuche, sondern dadurch, dass bei Anwesenheit des in kohlensäurehaltigem Wasser leichter löslichen CaCO_3 vom Tricalciumphosphat (Knochenmehl) sehr viel weniger P_2O_5 in Lösung geht.¹⁾ Dieser Einfluss des Zusatzes von CaCO_3 kann übrigens auch zur teilweisen Erklärung des Ergebnisses in Vegetationsgefässen herangezogen werden.

Die im Boden im Laufe einer Vegetationsperiode sich abspielenden mannigfachen Umsetzungen lassen sich, wie man sieht, bei der chemischen Düngemittelanalyse ebenso wenig, wie bei der chemischen Bodenanalyse künstlich nachahmen und hieran dürften u. E. alle Bemühungen zur Erlangung einer einfachen Methode für die Bestimmung des Gehaltes eines Bodens oder eines Düngemittels an für die Pflanzen aufnehmbaren Nährstoffen scheitern, sofern nicht zufällig Bedingungen gewählt werden, die eine Übereinstimmung zwischen den Ergebnissen der pflanzen-physiologischen und der chemischen Analyse zutage fördern. Ein befriedigender Anschluss der genannten beiden Wege wird sich daher immer nur in seltenen Ausnahmefällen erreichen lassen, was neuerdings wieder durch die Untersuchungen über die Bestimmung der zitronensäurelöslichen Phosphorsäure in den Thomasmehlen bewiesen²⁾ wird.

Der Besprechung des zweiten in Betracht kommenden Punktes, des Unterschiedes zwischen dem Hafer und Buchweizen hinsichtlich der Ausnutzung der verschiedenen Phosphorsäure-quellen, haben wir die Ergebnisse der Wurzeluntersuchungen bei den für diesen Zweck herangezogenen Gefässen voranzuschicken.

¹⁾ Vergl. SIMMERMACHER, Einwirkung des kohlensauren Kalkes bei der Düngung von Haferkulturen mit Mono- und Dicalciumphosphat. Landw. Vers.-Stat. Bd. 77, 1912, S. 408.

²⁾ Vergl. hierzu PFEIFFER, FÜHLINGS Landw. Zeitung 1916, S. 81.

Tabelle 4.

Nummer der Gefäße	Differenzdüngung		Wurzeln, Trockensubstanz		Darin P_2O_5		
	in Form von	P_2O_5 g	g	wahrscheinl. Schwankung g	‰	g	wahrscheinl. Schwankung g
a) Hafer.							
1—4	—	—	2.8	± 0.10	0.197	0.0055	± 0.0002
5—8	Dicalciumphosphat	{ 0.2 0.6	12.1	± 0.23	0.146	0.0177	± 0.0003
9—12			16.6	± 0.41	0.201	0.0334	± 0.0008
21—24			7.6	± 0.28	0.206	0.0157	± 0.0006
25—28	Angaurphosphat	{ 3.0 6.0	8.9	± 0.24	0.306	0.0272	± 0.0007
b) Buchweizen.							
33—36	—	—	0.2	—	0.261	0.0005	—
37—40	Dicalciumphosphat	{ 0.2 0.6	2.6	± 0.15	0.209	0.0054	± 0.0003
41—44			3.4	± 0.12	0.299	0.0102	± 0.0004
53—56	Angaurphosphat	{ 3.0 6.0	1.6	± 0.18	0.374	0.0060	± 0.0007
57—60			2.1	± 0.14	0.550	0.0116	± 0.0008

Es sei in erster Linie erwähnt, dass der Buchweizen auf den ohne P_2O_5 -düngung belassenen Gefässen dem Sande, wie im Vorjahre, etwas mehr P_2O_5 zu entziehen vermocht hat; die Differenz im Gehalte der oberirdischen Substanz betrug im vorigen Jahre 0.0132 g, in diesem Jahre (vergl. Tabelle 1) 0.0075 g; der Unterschied findet eine ausreichende Erklärung in der verschieden grossen Sandmenge, die zum Füllen der Gefässe benutzt wurde. Unter Mitberücksichtigung der Wurzeln stellt sich die Sachlage bei den vorliegenden Versuchen allerdings zunächst etwas zweifelhafter, indem die Mehraufnahme an P_2O_5 beim Buchweizen dann nur noch 0.0025 g beträgt. Je 48 ausgesäte Hafer- und Buchweizenkörner, die 1.659 bzw. 0.903 g wogen und 0.0154 bzw. 0.0065 g P_2O_5 enthielten, sind aber, trotzdem ein Vereinzeln der Pflanzen stattgefunden hat, wenigstens zum allergrössten Teil mit den Wurzeln wiedergewonnen worden und man wird daher folgern müssen, dass die in den Haferkörnern enthaltene P_2O_5 (0.0154 g) den Gehalt der Pflanzen hieran (0.0138 g) auf fraglichen Gefässen bereits überschreitet, während beim Buchweizen sich in gleicher Richtung die Zahlen 0.0065 und 0.0163 g gegenüberstehen, so dass der erwähnte Unterschied wieder deutlich hervortritt.

Eine Arbeit von PETIT¹⁾ (Ref.: Prof. Dr. B. TOLLENS), die wir bei Abfassung unseres vorigen Berichtes leider übersehen haben, führt zu ähnlichen Ergebnissen in bezug auf die verschiedene Ausnutzung der Bodenphosphorsäure durch Gerste und Buchweizen, wobei nur bemerkt werden muss, dass für die genannte Getreideart allgemein ein noch weniger günstiges Aufschliessungsvermögen der Bodenbestandteile, als es dem Hafer zukommt, angenommen wird. Die geerntete Pflanzenmasse (oberirdische Substanz + Wurzeln) enthielt auf den mit N und K_2O gedüngten Gefässen bei Verwendung verschiedener Bodenarten folgende Mengen P_2O_5 :

¹⁾ Journal für Landw. Bd. 57, 1909, S. 258. Ich benutze diese Gelegenheit, um mit dem Ausdruck des Bedauerns festzustellen, dass die zitierte Arbeit auch bei Untersuchungen auf einem anderen Gebiete (PFEIFFER, BLANCK, SIMMERMACHER und RATHMANN: Pflanzenanalyse und Bodenanalyse zur Bestimmung des Nährstoffgehaltes der Ackerböden. Landw. Vers.-Stat. Bd. 86, 1915, S. 339) die verdiente Beachtung nicht gefunden hat. Manche der aus beiden Arbeiten gezogenen Schlussfolgerungen decken sich miteinander.

	Lehmboden	Muschelkalk- boden	Buntsandstein- boden	Steriler Sand
	g	g	g	g
Gerste	0.233	0.174	0.256	0.013
Buchweizen	0.426	0.242	0.442	0.054

Der Unterschied ist teilweise ein sehr beträchtlicher und macht sich auf dem Muschelkalkboden verhältnismässig am wenigsten bemerkbar. Wir vermuten, dass in diesem Falle der hohe Gehalt des Bodens an kohlensaurem Kalk die Wurzeltätigkeit des Buchweizens in fraglicher Richtung beeinträchtigt hat.

Die im Vorjahre gefundene bessere Wirkung des Angaurphosphates beim Buchweizen ergibt sich in verstärktem Masse aus vorliegenden Versuchen, wie zunächst die aus den Proportionalitätsfaktoren berechneten Wirkungswerte der Tabelle 3 beweisen. Während beim Hafer der Wirkungswert in beiden Jahren fast genau der gleiche geblieben ist, hat er beim Buchweizen eine verhältnismässig ziemlich bedeutende Erhöhung erfahren, so dass der Unterschied der beiden Pflanzenarten, wie gesagt, schärfer hervortritt. Unsere Erwartung, dass die, eine geringere Tiefenausbreitung aufweisenden Buchweizenwurzeln bei Verwendung kleinerer Gefässe die schwer lösliche P_2O_5 im Angaurphosphat verhältnismässig besser ausnutzen würden, ist also in Erfüllung gegangen. Dagegen haben sich die in gleicher Richtung liegenden Unterschiede beim Tricalciumphosphate in den diesjährigen Ergebnissen stark verwischt, indem der Wirkungswert beim Hafer eine geringe Erhöhung, beim Buchweizen umgekehrt eine geringe Verminderung erfahren hat.

Der durch die verschiedenen Phosphate verursachte Mehrgehalt der Pflanzen an P_2O_5 bzw. die prozentische Ausnutzung der Düngerphosphorsäure, also immer nach Abzug der für die Gefässe 1—4 bzw. 33—36 geltenden Zahlen, stellt sich wie folgt:

(Siehe die Tabelle 5 auf S. 215.)

Die in den Tabellen 1, 4 und 5 für die gefundenen Phosphorsäuremengen angegebenen wahrscheinlichen Schwankungen bedürfen noch einer Erläuterung, die an dieser Stelle erfolgt, weil wir erst jetzt von ihnen Gebrauch machen. Die betreffenden Analysen sind nicht in den Erntemassen eines jeden einzelnen Gefässes, sondern, wie weiter oben bereits erwähnt wurde, nur in den Durchschnittsproben der zusammengehörigen Parallel-

Tabelle 5.

Nummer der Gefäße	Differenzdüngung		Oberirdische Substanz				Oberirdische Substanz + Wurzeln			
	in Form von	P ₂ O ₅ g	Mehrgesamt P ₂ O ₅		Prozentische Ausnutzung der P ₂ O ₅ %	Mehrgesamt P ₂ O ₅		Prozentische Ausnutzung der P ₂ O ₅ %		
			g	wahrscheinl. Schwankung		g	wahrscheinl. Schwankung			
a) Hafer.										
5-8	} Dicalciumphosphat {	0.2	0.0904	± 0.0029	45.2	0.1026	± 0.0020	51.3		
9-12		0.6	0.3155	± 0.0026	52.6	0.3434	± 0.0027	57.2		
13-16	} Tricalciumphosphat {	0.3	0.0839	± 0.0038	28.0	—	—	—		
17-20		0.9	0.1786	± 0.0033	19.8	—	—	—		
21-24	} Angaurphosphat {	3.0	0.0495	± 0.0034	1.65	0.0597	± 0.0035	1.99		
25-28		6.0	0.0992	± 0.0055	1.65	0.1209	± 0.0055	2.01		
29-32	Dicalciumphosphat	2.0	0.9947	± 0.0071	49.7	—	—	—		
b) Buchweizen.										
37-40	} Dicalciumphosphat {	0.2	0.0908	± 0.0037	45.4	0.0957	± 0.0037	47.8		
41-44		0.6	0.2699	± 0.0040	45.0	0.2796	± 0.0040	46.6		
45-48	} Tricalciumphosphat {	0.3	0.0928	± 0.0084	30.9	—	—	—		
49-52		0.9	0.1934	± 0.0092	21.5	—	—	—		
53-56	} Angaurphosphat {	3.0	0.1551	± 0.0136	5.17	0.1606	± 0.0136	5.35		
57-60		6.0	0.2474	± 0.0268	4.12	0.2585	± 0.0268	4.31		
61-64	Dicalciumphosphat	2.0	0.5083	± 0.0683	25.4	—	—	—		

gefäße ausgeführt worden. Wir haben deshalb, um auch in dieser Hinsicht ein Urteil zu gewinnen, die für die Erträge an Trockensubstanz ermittelten Schwankungen in entsprechender Weise auf die Phosphorsäuremengen umgerechnet. Dieser Ausweg ist selbstverständlich nicht ganz einwandfrei; er kann aber u. E. nur zu einer Überschätzung der wahrscheinlichen Schwankungen führen, weil die bei gleicher Düngung gewonnenen geringeren Trockensubstanzmengen einen etwas höheren prozentischen Gehalt an dem betreffenden Nährstoff aufzuweisen pflegen, wodurch natürlich ein gewisser Ausgleich erreicht worden wäre, der bei dem eingeschlagenen Verfahren nicht zur Geltung zu gelangen vermochte. Für die nachfolgenden Erörterungen kommt es aber begreiflicherweise wesentlich darauf an, eine etwaige Unterschätzung der wahrscheinlichen Schwankungen zu vermeiden. Wir wollen ferner noch erwähnen, dass die nach dem Fehlerfortpflanzungsgesetze aus den für die oberirdische Substanz und die Wurzeln (Tabelle 1 und 4) gültigen Zahlen berechneten wahrscheinlichen Schwankungen für die ganze Pflanze von denjenigen für die oberirdische Substanz meist nicht abweichen, weil die betreffenden Werte für die Wurzeln zu gering sind, um einen Einfluss auf das Ergebnis ausüben zu können. Das Gleiche gilt von den für Tabelle 5 berechneten Mehrerträgen an P_2O_5 , wo die Sachlage bei der Düngung des Hafers mit 0.2 g P_2O_5 sich z. B. wie folgt stellt:

$$\begin{array}{l} \text{Mit } P_2O_5 = 0.0987 \pm 0.0020 \text{ g} \\ \text{Ohne } \quad \quad = 0.0083 \pm 0.0003 \text{ g} \\ \hline \text{Mehrertrag} = 0.0904 \pm 0.0020 \text{ g} \end{array}$$

Dies sei zur Vermeidung von Missverständnissen besonders betont.

Das klarste Bild von dem Verhalten der beiden Pflanzenarten der verschiedenen Phosphorsäure-Düngung gegenüber gewinnt man indessen erst durch nachstehende Übersicht.

(Siehe die Tabelle 6 auf S. 217.)

Die am leichtesten lösliche P_2O_5 im Dicalciumphosphate ist demnach abermals vom Buchweizen ganz unverkennbar schlechter ausgenutzt worden, was sich selbstverständlich am deutlichsten bei der höchsten Gabe von 2.0 g ausprägt, die ja bereits zu einer Pflanzenschädigung Veranlassung gegeben hat.

Tabelle 6.

Mehr- oder Mindergehalt der Buchweizenpflanze an P_2O_5 im Vergleich zum Hafer.

Dicalciumphosphat		Tricalciumphosphat		Angaurphosphat		Dicalciumphosphat
0.2 g P_2O_5	0.6 g P_2O_5	0.3 g P_2O_5	0.9 g P_2O_5	3.0 g P_2O_5	6.0 g P_2O_5	2.0 g P_2O_5
a) Ohne Wurzeln.						
$+0.0004$	-0.0456	$+0.0089$	$+0.0148$	$+0.1056$	$+0.1482$	-0.4864
± 0.0042	± 0.0048	± 0.0092	± 0.0098	± 0.0140	± 0.0274	± 0.0687
-0.0226	± 0.0032	$+0.0119$	± 0.0067	$+0.1269$	± 0.0154	—
b) Mit Wurzeln.						
-0.0069	-0.0638	—	—	$+0.1009$	$+0.1376$	—
± 0.0042	± 0.0048	—	—	± 0.0140	± 0.0274	—
-0.0354	± 0.0032	—	—	$+0.1193$	± 0.0154	—

Die Versuche mit Tricalciumphosphat haben ebenso wie nach Aussage der Proportionalitätsfaktoren, auch vom vorliegenden Gesichtspunkte aus, zu einem zweifelhaften Ergebnisse geführt. Eine etwas günstigere Wirkung beim Buchweizen ist immerhin nicht ganz ausgeschlossen.

Das Angaurphosphat ist in diesem Jahre vom Buchweizen unzweifelhaft in einem höheren Grade als vom Hafer ausgenutzt worden, wodurch das vorjährige Ergebnis eine besser begründete Bestätigung findet. Die Benutzung kleinerer Gefäße hat in der von uns erwarteten Richtung ihre volle Schuldigkeit getan.

In Ergänzung des Gesagten sei auch noch auf nachstehende Darstellung der Versuchsergebnisse, die der im vorjährigen Berichte (S. 206) gewählten entspricht, verwiesen.

Tabelle 7.

1 g P_2O_5 in Form von	Hafer		Buchweizen	
	g	Verhältniszahlen	g	Verhältniszahlen
Mehraufnahme von P_2O_5 .				
Dicalciumphosphat . . .	0.5074	100	0.4509	100
Tricalciumphosphat . . .	0.2188	43.1	0.2386	52.9
Angaurphosphat . . .	0.0165	3.2	0.0447	9.9
Mehrertrag an Trockensubstanz.				
Dicalciumphosphat . . .	189.6	100	103.7	100
Tricalciumphosphat . . .	87.2	46.0	51.6	49.8
Angaurphosphat . . .	6.2	3.3	6.7	6.5

Die bisherigen Schlussfolgerungen erfahren durch die Angaben der Tabelle 7 keinerlei Änderung.

Wir haben im vorigen Jahre gefunden, dass der Wasserverbrauch, mit Einschluss der von den Gefäßoberflächen verdunsteten Wassermengen, pro Gramm Trockensubstanz der oberirdischen Pflanzenteile auf den mit Angaurphosphat gedüngten Gefässen beim Hafer und Buchweizen ein geringerer gewesen war, als bei Fortfall der Differenzdüngung. Da wir nun bezüglich der Erklärung des verschiedenen Verhaltens der genannten beiden Pflanzenarten bei der Ausnutzung der Phosphate auf einem von anderer Seite nicht geteilten Standpunkte stehen, so müssen wir jeder, noch so entfernt liegenden Möglichkeit, die eine anderweitige Deutung der gewonnenen Ergebnisse gestatten könnte, nachgehen, und eine solche schien sich uns in obiger Feststellung zu bieten. Der uns leitende Gedankengang war der folgende. Das Angaurphosphat scheint zu einer verminderten Wasserverdunstung der Pflanzen Veranlassung zu geben, was möglicherweise mit einem von diesen aus dem Düngemittel aufgenommenen Bestandteil, der auf die Spaltöffnungen der Blätter einen die Transpiration hemmenden Einfluss ausüben könnte, in Zusammenhang steht. Endlich wäre noch anzunehmen, dass der Hafer unter dieser „Giftwirkung“ besonders zu leiden hätte. Wir haben unser Augenmerk auf das im Angaurphosphat enthaltene Fluor, von dem eine Analyse des benutzten Präparates das Vorhandensein von 2.17 % ergab, gerichtet, betonen aber ausdrücklich, dass wir von vornherein sehr zweifelhaft waren, ob wir einer richtigen Spur, die wir nur aus dem bereits angegebenen Grunde aufgenommen haben, folgen würden.

Italienische und französische Forscher scheinen sich in neuerer Zeit etwas eingehender mit der Wirkung des Fluors auf das Pflanzenleben zu beschäftigen.

Veröffentlichungen von AMPOLA,¹⁾ AMPOLA und GARZIA,²⁾ MAZÉ,³⁾ GAUTIER⁴⁾ und ALVISI⁵⁾ weisen hierauf hin, und lassen, soweit die uns zur Verfügung stehenden Referate ein Urteil gestatten, erkennen, dass einerseits geringe Mengen des Elementes

¹⁾ Chem. Zentralblatt 1904, II, S. 1006. Nach Gaz. chim. ital. 34, II, 156.

²⁾ Dasselbst 1907, I, S. 496. Nach Staz. sperim. ital. 39, 1906, 590.

³⁾ Dasselbst 1915, I, S. 912. Nach Comptes rendus, 160, 211.

⁴⁾ Dasselbst, C. r. 160, 194.

⁵⁾ Dasselbst 1913, I, S. 30. Nach Gaz. chim. ital. 42, II, 450.

— 2 mg NaF im Liter Nährlösung nach Mazé beim Mais — für eine normale Entwicklung der Pflanzen erforderlich sind, dass andererseits ein Zusatz von CaF_2 (Menge?) zu vesuvianischen Böden den Pflanzenertrag und die Menge des assimilierbaren Kaliums erhöht.

Die Entscheidung für unsere Zwecke mussten Versuche beim Hafer erbringen, der sich nach den gemachten Voraussetzungen einer Fluorgabe gegenüber besonders empfindlich zu erweisen hätte. Als Vergleichsobjekt dienten 4 Gefässe aus einer anderen Versuchsreihe,¹⁾ die mit je 16.0 kg Glassand aus Hohenbocka beschickt und mit folgender Düngung versehen waren:

8.3 g K_2SO_4 3.0 g CaCO_3
 2.0 " $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. 0.5 " NaCl
 0.1 " FeSO_4 (durch H_2O_2 oxydiert)
 2.3 " N als NH_4NO_3 in 3 Gaben
 0.6 " P_2O_5 als CaHPO_4

25 ccm Aufschlammung von 3 kg Rosenthaler Boden in 10 Liter Wasser.

Für die Feststellung der Fluorwirkung haben wir uns, da es sich nur um eine allgemeine Orientierung handelte, mit je 2 Parallelgefässen begnügt, die selbstverständlich gleiche Sand- und Düngermengen wie die obigen Gefässe, sowie ausserdem Fluor in 3 verschieden hohen Gaben einerseits als CaF_2 , andererseits als NH_4F erhielten. Diese Zusätze waren so bemessen, dass der mittlere dem Fluorgehalte von 6 g Angaurphosphat, also der höchsten bei den Hafer-Buchweizen-Versuchen verwandten Gabe, entsprach. Die Einzelheiten über Wasserversorgung, Saat und Ernte ergeben sich aus der zitierten Veröffentlichung, auf die verwiesen werden kann. Die Erträge an oberirdischer Trockensubstanz werden in Tabelle 8 nachgewiesen.

Tabelle 8.

F pro Gefäss g	F als CaF_2		F als NH_4F	
	Nummer der Gefässe	Trocken- substanz g	Nummer der Gefässe	Trocken- substanz g
0.16 {	249	165.0	255	151.0
	250	167.5	256	139.2
0.33 {	251	165.7	257	156.4
	252	158.6	258	157.5
0.66 {	253	162.6	259	146.4
	254	166.9	260	160.9

¹⁾ Landw. Versuchs-Stationen Bd. 88, 1916, S. 451.

Der Ertrag an oberirdischer Trockensubstanz auf den ohne Fluor-Zusatz belassenen 4 Gefässen war 167.5 ± 1.18 g.

Eine Wirkung des CaF_2 prägt sich, vielleicht abgesehen von einem einzelnen Gefässe, weder im günstigen, noch im ungünstigen Sinne aus, wodurch, nebenbei bemerkt, bewiesen wird, dass der benutzte sehr reine Glassand die für das Wachstum des Hafers angeblich erforderlichen Spuren Fluor den Pflanzen etwa in Form von kleinsten Teilchen Apatit,¹⁾ die in den Quarzkörnern enthalten sein könnten, zur Verfügung gestellt hat. Die Berechnung eines Durchschnittsergebnisses ist hier selbstverständlich zulässig, und wir sind auch zu einer solchen bei den Versuchen mit NH_4F geschritten, weil hier eine geringe Pflanzenschädigung sich geltend gemacht hat, die ihren Ausdruck, wie das bei einer „Giftwirkung“ so häufig der Fall ist, in unregelmässig hin und her schwankenden Zahlenergebnissen findet. Dem zuletzt erwähnten Umstande wird durch Beifügen der wahrscheinlichen Schwankung genügend Rechnung getragen. Wir finden dann:

Trockensubstanz.

Ohne F = 167.5 ± 1.18	Ohne F = 167.5 ± 1.18
Mit CaF_2 = 164.4 ± 0.90	Mit NH_4F = 151.9 ± 2.22
Wirkung des CaF_2 = -3.1 ± 1.49	Wirkung des NH_4F = -15.6 ± 2.52

Die durch das CaF_2 verursachte geringe Verminderung des Trockensubstanzertrages erreicht nur eben die doppelte wahrscheinliche Schwankung, und kann daher, wie gesagt, als belanglos angesprochen werden. Anders dagegen die Wirkung des NH_4F , das sich natürlich mit dem dem Sande beigemischten CaCO_3 umgesetzt hat, aber trotzdem für die Pflanzen leichter zugänglich bleiben musste und deshalb gerade von uns gewählt worden war. Die Abweichung überschreitet die 6fache wahrscheinliche Schwankung, und eine schädliche Wirkung dieser Fluorverbindung kann daher als nachgewiesen gelten. Man muss sich nun aber die gesamte Sachlage vergegenwärtigen. Wir haben im Durchschnitt eine unserer höchsten Gabe Angaurphosphat entsprechende Fluormenge in einer sicherlich besonders wirksamen Form verwandt, und diese hat den Ertrag des Hafers um $9.3 \pm 1.5\%$ vermindert, während die gleiche Menge

¹⁾ Der Hafer hat dem Glassande wahrscheinlich auch etwas P_2O_5 zu entnehmen vermocht. Vergl. l. c., S. 454.

F in Form des der Fluorverbindung im Angaurphosphat jedenfalls sehr viel näher stehenden CaF_2 so gut wie keinen Einfluss ausgeübt hat. Es liegt auf der Hand, dass wir uns hiernach nicht entschliessen können, die schlechtere Wirkung des Angaurphosphates beim Hafer mit dem Fluorgehalte des genannten Düngemittels in Zusammenhang zu bringen.

Zur Bestimmung des Wasserverbrauches der Pflanzen sind leider die Gefässe ohne jede Phosphorsaure-Düngung aus der bereits veröffentlichten Versuchsreihe nicht herangezogen worden, und wir müssen uns deshalb mit der Berechnung des Gesamtverbrauches, mit Einschluss der von den Gefässoberflächen verdunsteten Wassermenge, pro Gramm der geernteten Trockensubstanz begnügen. Die einzelnen Gefässe stimmen in dieser Beziehung, wie die beigefügten wahrscheinlichen Schwankungen lehren, sehr gut überein. Der Wasserverbrauch pro Gramm Trockensubstanz stellt sich im Durchschnitt wie folgt:

$$\begin{array}{rcl} \text{Ohne F} & = & 382 \pm 3.5 \text{ g} \\ \text{Mit NH}_4\text{F} & = & 372 \pm 2.4 \text{ „} \\ \hline \text{Wirkung des NH}_4\text{F} & = & -10 \pm 4.2 \text{ g} \end{array}$$

Der Unterschied ist zu gering, um daraus eine bestimmte Schlussfolgerung ableiten zu können. Bei den anderen Gefässen hat eine Bestimmung des Wasserverbrauchs nicht stattgefunden.

Kehren wir nach diesen eingeschalteten Erörterungen zu den eigentlichen Ergebnissen der Hafer-Buchweizen-Versuche zurück, so steht uns auch hier eine Anzahl Bestimmungen des Wasserverbrauches zur Verfügung, bei denen wir aber das auch im Vorjahre (l. c., S. 207) benutzte Verfahren angewandt haben, so dass die berechneten Zahlen sich auf den wirklichen Wasserverbrauch der Pflanzen pro Gramm Trockensubstanz in dem durch die Phosphorsäure-Düngung erzielten Mehrertrage beziehen; ein Vergleich mit den oben mitgeteilten Verbrauchsziffern ist daher unstatthaft. Die Übereinstimmung der Parallelgefässe ist auch hier eine, zum Teil sogar überraschend gute, und nur in einem Falle liegt nach Aussage der den folgenden Durchschnittsergebnissen wieder beigefügten wahrscheinlichen Schwankungen eine vereinzelte grössere Abweichung vor, bei der sogar vielleicht an eine Ausschaltung hätte gedacht werden können.

Tabelle 9.

Differenzdüngung in Form von	P_4O_6	Wasserverbrauch pro Gramm Mehrertrag			
		Hafer		Buchweizen	
			wahrscheinl. Schwankung		wahrscheinl. Schwankung
	g	g	g	g	g
Dicalciumphosphat . .	0.2	309	± 4.3	320	± 1.4
" . .	0.6	326	± 3.8	319	± 6.0
" . .	2.0	323	± 0.6	—	—
Angaurphosphat . .	3.0	297	± 4.4	299	± 8.1
" . .	6.0	311	± 1.6	302	± 4.8

Was zunächst das Verhalten der Pflanzen in fraglicher Beziehung dem Angaurphosphat gegenüber anbelangt, so geben hierüber die folgenden Durchschnittszahlen Aufschluss:

	Hafer	Buchweizen	Gesamtmittel
Dicalciumphosphat . . .	319 ± 2.0 g	319 ± 3.1 g	319 ± 1.8 g
Angaurphosphat . . .	304 ± 2.3 „	301 ± 4.7 „	302 ± 2.6 „
Differenz: —	15 ± 3.1 g	18 ± 5.6 g	17 ± 3.2 g

Die im vorigen Jahre auf einer weniger zuverlässigen Grundlage gewonnenen Resultate (l. c., S. 212) ergaben höhere Abweichungen, die aber unter grösseren wahrscheinlichen Schwankungen zu leiden hatten. Es kann immerhin mit ziemlicher Sicherheit behauptet werden, dass das Angaurphosphat den Wasserverbrauch der Pflanzen etwas herabsetzt, ob dies jedoch mit seinem Fluorgehalte in Zusammenhang gebracht werden kann, wagen wir nach den in dieser Richtung zweifelhaften Ergebnissen der Fluorversuche nicht zu entscheiden.

Der Wasserverbrauch der Pflanzen pro Gramm Mehrertrag an Trockensubstanz wies im Vorjahre (l. c., S. 208 ff.) bei den verschiedenen hohen Ernteerträgen ziemlich bedeutende Schwankungen auf, während die vorliegenden Versuche erfreulicherweise wieder ein den früheren Ergebnissen¹⁾ entsprechendes Bild grosser Gleichmässigkeit geliefert haben. Beim Hafer decken sich die gefundenen Zahlen etwa mit den vorjährigen Höchstwerten, beim Buchweizen ist dagegen ganz unverkennbar

¹⁾ Vergl. Landw. Vers.-Stat. Bd. 76, 1912, S. 230.

eine namhafte Steigerung zu verzeichnen. Ob hierfür etwa die verschiedene Grösse der benutzten Gefässe, die bei der flachwurzelnenden Buchweizenpflanze sicherlich beachtet werden muss, verantwortlich zu machen ist, wollen wir nur als eine möglicherweise in Frage kommende Erklärung, solange uns keine bessere zur Verfügung steht, andeuten.

Das gekennzeichnete abweichende Verhalten des Buchweizens hat dann selbstverständlich auch den Unterschied zwischen beiden Pflanzenarten hinsichtlich ihres Wasserverbrauches verwischt. Die betreffenden Durchschnittszahlen betragen nämlich nach Tabelle 9:

beim Hafer 313 ± 1.5 g beim Buchweizen 310 ± 2.8 g.

Von einem stärkeren Wasserdurchströmungsvermögen zur Erklärung der besseren Ausnutzung schwer löslicher Phosphate kann aber beim Buchweizen nach wie vor nicht die Rede sein, und diese Feststellung verdient von unserem Standpunkte aus mit allem Nachdruck hervorgehoben zu werden.

Der Wasserverbrauch der Haferpflanzen pro Gramm Trockensubstanz war auch in diesem Jahre ein geringerer als bei unseren älteren Versuchsreihen. Wir haben hierfür bereits im vorigen Berichte (l. c., S. 210) eine Erklärung beigebracht, auf die zur Vermeidung von Missverständnissen verwiesen sei.

Unsere bisherigen Darlegungen lassen bereits erkennen, dass wir den organischen Säuren im Wurzelsafte der Pflanzen in unveränderter Weise eine wesentliche Bedeutung bei der Lösung, allgemein gesagt, von Bodenbestandteilen beimessen. Der begreifliche Wunsch, hierfür weiteres Belegmaterial beizubringen, hat uns veranlasst, schliesslich noch einige Versuche über den Säuregrad der Wurzelausscheidungen beim Hafer und Buchweizen anzustellen. Ein mit einem geeigneten Indikator versetzter Agarnährboden soll nach einer uns zugegangenen Privatmitteilung die Säureausscheidung der in ihr wachsenden Pflanzenwurzeln deutlich anzeigen. Wir hofften bei Verwendung derartiger Nährböden mit einer ganz schwachen, aber wechselnden alkalischen Reaktion auch quantitative Unterschiede bei verschiedenen Pflanzen feststellen zu können, sind aber auf zwei unüberwindliche Schwierigkeiten gestossen. Vorgekeimte Cerealienkörner entwickeln in dem betreffenden Medium sehr schnell ein kräftiges Wurzelsystem, der Buchweizen treibt aber Würzelchen, die nur höchst spärlich in den Agar eindringen und sich fast

nur auf dessen Oberfläche ausbreiten. Wir hätten also jedenfalls ein anderes Vergleichsobjekt, etwa Leguminosensamen, wählen müssen. Hieran hat uns indessen die weitere Tatsache verhindert, dass es uns nicht gelungen ist, einen Indikator zu finden, der unter den gewählten Bedingungen auf organische Säuren scharf reagiert und von der Kohlensäure völlig unbeeinflusst bleibt. Ein zweiter von uns eingeschlagener Weg lehnt sich an die von anderer Seite vielfach benutzten Methoden¹⁾ an, sollte aber deren Nachteile — Auspressen des Wurzelsaftes, Verletzen der Wurzelfasern, Benutzung von Lackmuspapier usw. — vermeiden.

Wir haben deshalb in die mit Löchern versehenen Platten des SCHÖNJAHNschen Keimapparates,²⁾ der zunächst mit KNORScher Nährlösung beschickt war, je 100 vorgekeimte Weizen- bzw. Buchweizensamen eingeführt. Der Weizen entwickelte sich immer sehr gut, während der Buchweizen zum Teil verkümmerte bzw. eine mangelhafte Wurzel Ausbildung erkennen liess. Nach Verlauf von etwa 14 Tagen wurden die Wurzeln mit destilliertem Wasser gründlich abgespült, die Gefässe entleert, gereinigt und mit destilliertem Wasser gefüllt, in welches die Pflanzen mit ihren Wurzeln während eines Zeitraumes von einer Woche eintauchten. Das Wasser wurde dann unter Zusatz von 10 ccm einer sehr verdünnten Lauge in einer Platinschale eingedampft, der Rückstand mit wenig Wasser aufgenommen, mit einer äquivalenten Säuremenge versetzt und hierauf unter Benutzung von Dimethylamidoazobenzol als Indikator die von völlig unverletzten Wurzeln in das Wasser übergegangene Säure titriert. Bei 2 nacheinander ausgeführten derartigen Versuchen fanden wir folgende auf Zitronensäure umgerechnete Mengen:

	Wurzelgewicht		Zitronensäure
	frisch	Trockensubst.	
	g	g	g
Weizen	3.11	—	0.00093
Buchweizen	0.80	—	0.00108
Weizen	—	0.207	0.00134
Buchweizen	—	0.110	0.00155

¹⁾ Vergl. PFEIFFER und BLANCK, Die Säureausscheidung der Wurzeln und die Löslichkeit der Bodennährstoffe in kohlensäurehaltigem Wasser. Landw. Vers.-Stat. Bd. 77, 1912, S. 217.

²⁾ Beschrieben in KÖNIGS Handbuch für landwirtsch. Untersuchungen. III. Auflage, S. 441.

Der Unterschied zwischen den beiden Pflanzenarten schien hiernach, wenigstens unter Berücksichtigung des verschiedenen Wurzelgewichtes, ein sehr deutlicher zu sein. In anderen Fällen hat uns aber auch diese Methode im Stich gelassen, und wir müssen daher bekennen, dass wir über gewisse Andeutungen in der gesuchten Richtung leider nicht hinausgekommen sind.

Nach Abschluss der vorliegenden Untersuchungen stellt uns Herr Kollege MITSCHERLICH einen Korrekturabzug seiner demnächst in den Landwirtschaftlichen Jahrbüchern erscheinenden Arbeit „Pflanzenphysiologische Vorarbeiten zur chemischen Düngemittelanalyse“ freundlichst zur Verfügung. Sein reiches Beobachtungsmaterial bietet ihm in vielfacher Hinsicht Gelegenheit zu wertvollen Feststellungen; in manchen Punkten vermögen wir ihm jedoch nicht zu folgen.

Dies gilt in erster Linie von den an unseren vorjährigen Ergebnissen von ihm vorgenommenen Umrechnungen. Es kommt bei der Aufstellung von logarithmischen Gleichungen natürlich nicht nur auf eine möglichst niedrige Summe aller Abweichungen in ihrem Verhältnis zu den wahrscheinlichen Schwankungen an, wie MITSCHERLICH (S. 386) den Anschein zu erwecken sucht, sondern auch auf einen möglichst vollständigen Ausgleich der Abweichungen mit dem positiven bzw. negativen Vorzeichen und auf die Vermeidung von Differenzen, die in einem Missverhältnisse zu den für die gefundenen Werte gültigen wahrscheinlichen Schwankungen stehen. Vergleicht man hieraufhin die von MITSCHERLICH nach eigener und unserer Berechnung nebeneinandergestellten (S. 387) Zahlen, so wird man namentlich bezüglich der Wirkung des Tricalcium- und Angaurphosphates beim Buchweizen zu der Überzeugung kommen, dass die von uns gewählte Gleichung aus einer unparteiischeren Denkweise hervorgegangen ist und deshalb den Vorzug verdient.

Ebenso scheint es uns zum mindesten zweifelhaft zu sein, ob die von MITSCHERLICH (S. 377) gebrachte Erklärung für die Tatsache, dass „hier oder da bei der Aufstellung einer Gleichung durch die Wahl eines um ein Weniges höheren oder niedrigeren Wirkungsfaktors vielleicht noch ein etwas besserer Anschluss der berechneten Werte an die Beobachtungen gefunden werden könnte“, in allen Fällen genügt, um den schlechteren Anschluss, der sich allerdings mit anderen Versuchsergebnissen deckt, gerechtfertigt erscheinen zu lassen. Zwei Beispiele mögen das

Gesagte erläutern. MITSCHERLICH hat für alle von ihm angebauten Pflanzenarten das Wirkungsverhältnis des Tricalciumphosphates zum Thomasmehl Nr. 7 wie 1:0.52 gefunden. Für letzteres stellen wir nun aber zunächst betreffs Versuchsreihe 92 (S. 373) folgende Gleichungen und Berechnungen einander gegenüber.

$$\begin{aligned} \text{Nach MITSCHERLICH} & \dots \log (58.9 - y) = 1.5011 - 0.44 \cdot x \\ \text{„ unserer Ansicht} & \dots \log (58.9 - y) = 1.5011 - 0.75 \cdot x \end{aligned}$$

$x =$ Thomas- mehl	y gefunden	Nach MITSCHERLICH			Nach unserer Ansicht		
		y berechnet	Abweichung	Abweichung = Vielfaches der wahr- scheinlichen Schwankung	y berechnet	Abweichung	Abweichung = Vielfaches der wahr- scheinlichen Schwankung
—	27.2 \pm 1.0	27.2	—	—	27.2	—	—
0.20	34.1 \pm 2.7	33.0	— 1.1	— 0.4	36.5	+ 2.4	+ 0.9
0.50	44.0 \pm 1.9	39.8	— 4.2	— 2.2	45.5	+ 1.5	+ 0.8
1.20	57.7 \pm 1.8	49.5	— 8.2	— 6.0!	54.9	— 2.8	— 1.6

Das Wirkungsverhältnis ändert sich nach der offensichtlich richtigeren Berechnung in der Weise, dass es nunmehr 1:0.88 beträgt, und zu einer in gleicher Richtung liegenden Änderung gelangt man bei dem zweiten Beispiel, das sich auf Rübchenversuche mit Dicalciumphosphat bzw. Thomasmehl Nr. 7 (Versuchsreihen 96 und 99, S. 374) bezieht.

$$\begin{aligned} \text{Nach MITSCHERLICH, Versuchsreihe 96} & \dots \log (34 - y) = 1.5185 - 2.20 \cdot x \\ \text{„ „ „ 99} & \dots \log (34 - y) = 1.5185 - 0.57 \cdot x \\ \text{Nach unserer Ansicht, Versuchsreihe 96} & \dots \log (34 - y) = 1.5185 - 1.80 \cdot x \\ \text{„ „ „ 99} & \dots \log (34 - y) = 1.5185 - 0.65 \cdot x \end{aligned}$$

$x =$ g	y gefunden	Nach MITSCHERLICH			Nach unserer Ansicht		
		y berechnet	Abweichung	Abweichung = Vielfaches der wahr- scheinlichen Schwankung	y berechnet	Abweichung	Abweichung = Vielfaches der wahr- scheinlichen Schwankung
Thomasmehl. CaHPO_4	0.000	1.0	—	—	1.0	—	—
	0.075	7.7 \pm 0.5	+ 3.7	+ 7.4!	9.8	+ 2.1	+ 4.2
	0.200	21.1 \pm 1.1	+ 0.9	+ 0.8	19.6	— 1.5	— 1.4
	0.450	29.7 \pm 0.8	+ 0.9	+ 1.1	28.9	— 0.8	— 1.0
Thomasmehl. CaHPO_4	0.00	1.0	—	—	1.0	—	—
	0.30	11.8 \pm 0.3	— 0.1	— 0.3	12.9	+ 1.1	+ 3.7
	0.80	25.5 \pm 0.4	— 3.0	— 7.5!	24.0	— 1.5	— 3.7
	1.80	31.3 \pm 0.9	— 0.4	— 0.4	31.8	+ 0.5	+ 0.6

Setzt man nun mit MITSCHERLICH den Wirkungsfaktor des Dicalciumphosphates = 2, so würde sich nach unseren Gleichungen für die beiden Düngemittel das Wirkungsverhältnis 2:0.72 ergeben. Das Thomasmehl 7 hätte somit bei Erbsen und Rübchen einen höheren Wirkungswert als bei den Vertretern der Cerealien gezeitigt, was mit unserer Anschauung von einem verschiedenen Verhalten der Pflanzen den Phosphaten gegenüber im Einklang stehen würde.

Es soll keineswegs bestritten werden, dass andere Versuchsreihen sich sehr viel besser mit dem von MITSCHERLICH vertretenen Standpunkte decken. Hierbei spielt indessen unserer Ansicht nach auch noch die Tatsache eine Rolle, dass MITSCHERLICH bei den in Frage kommenden Untersuchungen nur verhältnismässig leicht lösliche Phosphate benutzt hat. Etwaige Unterschiede werden aber selbstverständlich umso deutlicher hervortreten, je schärfer die vermutete verschiedene Eigenschaft der Pflanzen zur Wirkung kommen kann, d. h. im vorliegenden Falle bei der Heranziehung von Rohphosphaten. Solche haben dagegen bei anderen Versuchen MITSCHERLICH'S Verwendung gefunden und folgendes Ergebnis (S. 391) geliefert:

Höchstserträge (Gramm Trockensubstanz).

Bei	Nicht-Roh-phosphaten	SMOLENSK-Phosphorit	Kostroma-phosphorit	Koproliten-mehl
Hafer	89	75	67	68
Erbsen	46	—	39	45

Muss man diesen Zahlen nicht entnehmen, dass die Rohphosphate verhältnismässig besser von der Erbse (Leguminosen) als vom Hafer (Cerealien) zur Pflanzenproduktion verwertet werden?

MITSCHERLICH meint dagegen, dass hierbei eine gegenseitige Beeinflussung der Grund- und Differenzdüngung bzw. Vergiftungserscheinungen im Spiele seien und beruft sich ganz besonders auf die Angaben der folgenden Tabelle (S. 352):

**Bohnen- und Gerstenenerträge (y) als Funktion einer Düngung
mit SMOLENSK-Phosphoritmehl (x).**

Grunddüngung:	normal	normal	kaliarm	ohne Ammonitrat
Versuchsreihe:	137	138	139	140
Versuchspflanze:	Ackerbohne	Gerste	Gerste	Gerste
x = 0.00	27.2 ± 1.0	8.6 ± 0.3	7.8 ± 0.1	8.3 ± 0.2
1.2 g Sm.-Ph. + 0.6 g CaCO ₃	45.0 ± 2.4	39.2 ± 0.8	43.3 ± 0.4	8.1 ± 0.4
3.2 " " " + 1.6 " "	40.2 ± 1.9	12.9 ± 0.2	20.0 ± 2.7	8.2 ± 0.2
7.2 " " " + 3.6 " "	41.4 ± 3.1	7.2 ± 0.2	7.2 ± 0.2	—

Wir bemerken hierzu:

1. Eine Beigabe von CaCO₃ bewirkt nach den Feststellungen des einen von uns¹⁾ eine wesentliche Verminderung der Ausnutzung schwer löslicher Phosphate, und dieser Einfluss hätte auch wohl bei den Versuchen mit Ackerbohnen zur Geltung kommen müssen, falls die genannte Pflanzenart nicht imstande wäre, sich die Phosphorsäure in besonders hohem Grade zugänglich zu machen.

2. Das Ammoniumnitrat kann, wie bereits mehrfach behauptet²⁾ worden ist, als eine physiologisch-saure Verbindung zur Wirkung kommen. Ihr Fortfall in Reihe 140 muss daher nachteilige Folgen haben, und ebenso würde sich die ungünstige Wirkung des Zusatzes von CaCO₃ ähnlich wie bei unseren weiter oben erwähnten Knochenmehlversuchen erklären lassen. Wir haben ebenfalls grössere Mengen NH₄NO₃ zur Düngung benutzt, weil dies die indifferenteste Stickstoffquelle sein dürfte; die physiologisch-saure Eigenschaft dieses Salzes hat aber bei unseren Versuchen jedenfalls durch die Wurzeltätigkeit der Buchweizenpflanzen eine wesentliche Ergänzung erfahren.

3. Rohphosphate können auf sauren Böden als gutes Düngemittel Verwendung finden, und sie müssten hier daher ihre „Giftwirkung“ auf irgend einem rätselhaften Wege verlieren.

4. MITSCHERLICH nimmt an, dass die „Vergiftungsercheinungen“ gedachter Art bei verschiedenen Pflanzen verschieden verlaufen könnten. Das wäre selbstverständlich sehr wohl mög-

¹⁾ SIMMERMACHER, Landw. Vers.-Stat. Bd. 77, 1912, S. 441.

²⁾ Landw. Vers.-Stat. Bd. 56, 1902, S. 107; Bd. 65, 1907, S. 23; Bd. 84, 1914, S. 115.

lich, aber wir sind der Ansicht, dass die Pflanzen sich ebensogut hinsichtlich der Wurzelausscheidungen verschieden verhalten können.

Diese Bemerkung leitet uns zu einer Besprechung der von MITSCHERLICH (S. 397) angeführten Ursachen für den höheren Gehalt der Erbsenpflanzen an P_2O_5 über.

1. „Eine grössere Verzweigung des Wurzelsystems der Erbse.“ Der Buchweizen hat, worauf bereits in unserer ersten Mitteilung hingewiesen wurde, unzweifelhaft ein sehr viel schwächeres Wurzelsystem als der Hafer, nimmt aber trotzdem mehr P_2O_5 auf.

2. „Eine grössere Atmungs-Intensität, und damit eine stärkere Ausscheidung von Kohlensäure zur Auflösung der Pflanzennährstoffe.“ Es ist aber mehrfach,¹⁾ so auch von MITSCHERLICH selbst nachgewiesen worden, dass eine künstliche Zufuhr von CO_2 in den Boden keine vermehrte Auflösung von Pflanzennährstoffen bewirkt.

3. „Eine durchlässigere Membran.“ Hier begnügt sich MITSCHERLICH mit einem Hinweis auf die grossen Unterschiede, auf die er bei Hygroskopizitäts-Bestimmungen der Pflanzenmassen gestossen ist. Der Buchweizen hat indessen einen niedrigeren Wert für die Wurzeln ergeben als der Hafer, was hinsichtlich der Phosphorsäure-Aufnahme nur im umgekehrten Sinne, wie unser Befund ergeben hat, gedeutet zu werden vermöchte. —

Wir gelangen also zusammenfassend zu den gleichen, in der Einleitung bereits angeführten Schlussfolgerungen wie im Vorjahre, die wir noch in folgender Weise ergänzen können. Die chemische Düngemittelanalyse wird auch bei Zusatz der im Vegetationsversuch benutzten Nährsalze mit diesem keine allgemein gültige Übereinstimmung der Ergebnisse zutage zu fördern vermögen. Das Angaurphosphat bewirkt einen etwas grösseren Wasserverbrauch pro Gramm des Mehrertrages an Trockensubstanz, von dem es aber fraglich ist, ob er durch den Fluorgehalt des genannten Düngemittels verursacht wird. Ein der höchsten Angaurphosphatgabe entsprechender Zusatz von Fluor in Form von CaF_2 ist wirkungslos geblieben, während die gleiche Menge Fluor in Form von NH_4F das Wachstum des Hafers etwas ge-

¹⁾ Vergl. MITSCHERLICH, Landw. Jahrbücher Bd. 39, 1910, S. 157; PFELFFER und BLANK, Landw. Vers.-Stat. Bd. 77, 1912, S. 243.

schädigt hat. Das Fluor im Angaurphosphat kann daher für die schlechtere Ausnutzung dieser Phosphorsäurequelle durch den Hafer nicht verantwortlich gemacht werden. Der Wurzelsaft der untersuchten Pflanzen enthält organische Säuren, die in destilliertes Wasser diffundieren; es liegen Andeutungen vor, dass der Buchweizen tatsächlich hieran spezifisch reicher ist; als völlig geklärt kann dies aber leider noch immer nicht gelten. Der Buchweizen hat ein stärkeres Nährstoffbedürfnis für Phosphorsäure als der Hafer, was sich in seinem höheren Gehalte an diesem Bestandteile deutlich ausprägt; er vermag seinen Bedarf hieran aus schwer löslichen Phosphaten auch besser zu decken; grössere Gaben leicht löslicher Phosphorsäureverbindungen, die vom Hafer gut vertragen werden, bewirken aber bei ihm umgekehrt eine erhebliche Schädigung. Dieses eigenartige Verhalten des Buchweizens erinnert in gewisser Beziehung an dasjenige der Lupinen, die für Kalk ein verhältnismässig grosses Nährstoffbedürfnis besitzen, deren sogenannte Kalkempfindlichkeit aber andererseits allgemein bekannt ist. Wir fürchten, dass die Klarstellung der zuletzt erwähnten Eigenschaft des Buchweizens auf ebenso grosse Schwierigkeiten stossen wird, wie diejenige der vergleichsweise herangezogenen Eigenschaft der Lupinen, für die unsere fortgesetzten Versuche im Laufe der letzten 2 Jahre derartig merkwürdige bzw. auch widerspruchsvolle Ergebnisse geliefert haben, dass wir von ihrer Veröffentlichung vorläufig Abstand nehmen.

Breslau, im März 1916.



Dr. Neumann †

RUDOLF NEUMANN †.

(Mit Bildnis.)

„Der für seine Hausaltäre“
„Kämpfend, ein Beschirmer, fiel.“ —

Am 8. Oktober 1915 ist bei einem Sturmangriff in Zechlingfort, in der Nähe von Loos-Lille, Dr. RUDOLF NEUMANN an der Spitze seines Zuges gefallen; — erst 36 Jahre alt. —

NEUMANN war geboren am 23. August 1879 als jüngster Sohn des verstorbenen Apothekers, RUDOLF NEUMANN, und seiner Gemahlin, IDA, geborene KRAUSE.

Nach bestandenen Abiturium auf dem Realgymnasium seiner Vaterstadt studierte er in Berlin und in Strassburg, zum Schluss — ab Ostern 1901 — in Breslau, Mathematik und Chemie. 1905 erlangte er den Doktorgrad mit einer Arbeit: „Über racemische und partiell-racemische Verbindungen in Lösungen und das Verhalten von ortho- und para-Nitrochinaldin gegen einige Aldehyde.“

NEUMANN war zuerst Nahrungsmittelchemiker im städtischen Untersuchungsamt in Bielefeld von Oktober 1905 bis Oktober 1906, diente dann bei dem 35. Infanterie-Regiment in Brandenburg a. H. sein Jahr ab und kam gleich nach dem Militärdienstjahr Oktober 1907 an die Versuchsstation Oldenburg. Von da wandte er sich Juli 1909 der berühmten Stätte zu, wo KELLNER gewirkt hat, nach Möckern bei Leipzig und bald nach KELLNERS Tod, im Mai 1912, nach Hohenheim, als Abteilungsvorsteher der Kontrolleabteilung.

Schon der 3. Mobilmachungstag rief den Vizefeldwebel zur Fahne; er folgte begeistert und gern, rückte rasch zu höheren Chargen auf, wurde Offizierstellvertreter, Leutnant (im Inf.-Reg. 122), und ein schneidig durchgeführter Patrouillengang erwarb ihm das eiserne Kreuz.

Der Tod hat einem reichen Leben, das noch in aufsteigender Linie begriffen war, ein jähes Ziel gesetzt.

Frohe Hingabe an den Beruf, seltene Begabung, eiserner Fleiss, nie ermüdendes Interesse und ein energisches Eintreten für das Wohl der Landwirtschaft, kennzeichnen die junge Laufbahn.

Wichtige Arbeiten, sowohl analytischer Natur, als auch auf dem Gebiete der Tier- und Pflanzenernährung tragen den Stempel der Eigenart des Dahingegangenen und berechtigten zu den schönsten Hoffnungen.

Besonders die Versuchsstation Hohenheim betrauert tief den Verlust eines so tüchtigen Mitarbeiters. In der kurzen Zeit seines Wirkens hat NEUMANN zu vielem den Grund gelegt, und nun ist ihm nicht vergönnt worden, den Erfolg zu schauen.

NEUMANN'S Natur war nicht leicht zugänglich. Jäh aufbrausende Hitze des Ehrgeizigen wurde durch Einsicht und einen festen Willen gemildert. Um so treuer hielt er fest, was er einmal als behaltenswert erkannt hatte, und auf seine Zuverlässigkeit konnte man dann bedingungslos bauen. Wohl von Seiten der Mutter her, schien ihm etwas wie ein künstlerischer Einschlag im Blute zu liegen, den man bei dem Sachlich-Ernsten kaum vermutet hätte, der aber im geselligen Kreis oft blitzartig zu Tage trat und von feinem Sinn zeugte.

Ein tragisches Geschick hat verhindert, dass sein Leib im Gewühl der Schlacht geborgen werden konnte, wir wissen nicht, wo seine irdische Hülle ruht.

So ist ihm Grab geworden das ungeheure Schlachtfeld des Weltkrieges, Gedächtnismal die gigantische Zeit! Um so fester umrissen blieb uns sein geistiges Bild; es taucht auf, wo immer männliche Tatkraft sich regt — und treue Hingabe an eine Pflicht; und unsere Dankbarkeit höret nimmermehr auf.

Hohenheim, Februar 1916.

C. BEGER.

Die Bestimmung des Ammoniakstickstoffs in Düngerstoffen auf jodometrischem Wege.

Von

W. S. J. SCHOUTEN-Icken und R. W. TUINZING.

An der zentralen landwirtschaftlichen Reichsversuchsstation für die Kontrolle von Düngemitteln in Maastricht (Holland) müssen jährlich viele tausende Bestimmungen des Ammoniakstickstoffs ausgeführt werden.

Bis jetzt geschieht die Bestimmung nach der offiziellen, sogenannten Destillationsmethode, welche in die „Untersuchungsmethoden der landwirtschaftlichen Reichsversuchsstationen“ aufgenommen ist.

Hiernach bringt man 50 ccm einer Lösung, die 5 g schwefelsaures Ammon im Liter, oder bei Mischdüngern 10 g im Liter enthält, in einen Destillationskolben und destilliert das Ammon nach Hinzugabe von 3 g MgO und 250 ccm destilliertem Wasser über. Das Destillat, das mindestens ein Drittel des ursprünglichen Volumens betragen soll, wird aufgefangen in einer zur Neutralisierung des zu erwartenden Ammons räumlich genügenden Menge $\frac{1}{10}$ -n. Schwefelsäure, deren Übermaß nachher mit $\frac{1}{10}$ -n. Lauge unter Benutzung von Methylorange, als Indikator zurücktitriert wird.

Zweifellos ist diese Methode genau. Dieselbe erfordert wenig Zeit und stellt keine hohe Anforderung an die Gewandtheit des Analytikers.

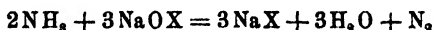
Zwar macht sich im Frühjahr, wenn täglich zahllose Muster zur Untersuchung eingesandt werden, ein Übelstand recht fühlbar, darin bestehend, dass die Destillationsapparate fast den ganzen Tag hindurch besetzt sind und dadurch eine unerwünschte Verzögerung stattfindet.

Ganz abgesehen vom oben angeführten, bleibt es doch immer erwünscht, dass die Bestimmung des Stickstoffs, ähnlich wie dies

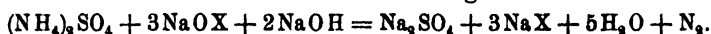
hinsichtlich anderer pflanzennützlichen Bestandteile geschieht, nach mindestens zwei verschiedenen Methoden stattfindet.

Tatsächlich sind mehrere Methoden zur Bestimmung des Ammoniakstickstoffs ersonnen worden.

Unter den älteren erwähnen wir die gasvolumetrische,¹⁾ die sich auf die Reaktion stützt, welche auftritt, wenn eine Hypohalogenitlösung mit der Lösung eines Ammonsalzes zusammentritt.



oder wenn schwefelsaures Ammon vorliegt:



Der hierbei entstehende Stickstoff wird im Azotometer aufgefangen und aus dem Volumen, unter Berücksichtigung der Temperatur, des Luftdruckes und des Feuchtigkeitsgrades des Gases, der Stickstoffgehalt des untersuchten Körpers berechnet.

Obleich diese Methode in vielen analytischen Handbüchern aufgenommen ist, ist dieselbe für die Praxis kaum geeignet. Die erhaltenen Resultate sind nicht immer genau und das abgelesene Volumen bedarf einer Korrektur.

Das Arbeiten mit dem Azotometer ist obendrein ziemlich zeitraubend und auch aus anderen Gründen kommt diese Methode für Massenbetrieb nicht in Frage.

Eine von GAILLOT²⁾ in Vorschlag gebrachte Methode beruht auf der Reaktion, laut welcher Ammoniak mit Formaldehyd hexamethylenetetramin bildet und die Säure des Ammonsalzes in Freiheit gesetzt wird. Durch Bestimmung derselben wird der Stickstoffgehalt berechnet. Man löst das Ammonsalz in Wasser, neutralisiert die Flüssigkeit und fügt ein Übermaß neutralen Formaldehyds hinzu. Die freiwerdende Säure wird mit Phenolphthalein als Indikator titriert. Selbst haben wir diese Methode zu prüfen keine Gelegenheit gehabt.

Eine von L. W. WINKLER³⁾ vorgeschlagene Abänderung der Destillationsmethode besteht darin, dass das überdestillierte

¹⁾ Melsons L'institut 1852, S. 106.

²⁾ Annales de chimie analytique 18, 1913, 15—17. Journal of the chem. soc. 104, II, 1913, 240. Zeitschr. für anal. Chemie I, 1915, 52.

³⁾ Zeitschr. für angew. Chemie 26, 1913, 231; ibid. 27, 1914, 630—632. E. Bernard, Bemerkungen über Winklers Arbeit, Zeitschr. für angew. Chemie 27, 1914, 664.

Ammon in Borsäure aufgefangen und nachher mit Salzsäure oder Schwefelsäure titriert wird. Die Borsäure ist eine so schwache Säure, dass dieselbe den Farbenumschlag bei der nun folgenden Titration, wobei Methylorange als Indikator benutzt wird, nicht beeinflusst. Sie dient nur, um Verflüchtigung des überdestillierten Ammons zu verhindern.

Wir haben diese Spielart der Destillationsmethode geprüft und richtige Resultate erhalten, nur können wir nicht einsehen, welche Vorteile dieselbe bietet. Unseres Erachtens gewinnt man nichts dabei, wenn man zuerst Borsäure zusetzt und nachher Salzsäure oder Schwefelsäure in den Kolben bringen muss, überhaupt nicht, wenn es die Analyse von Handelsdüngern gilt mit innerhalb enger Grenzen schwankendem Stickstoffgehalt, in welchem Falle an der Reichsversuchsstation aus einer automatischen Pipette eine abgemessene Menge der $\frac{1}{10}$ -n. Säure in die Vorlage gebracht wird.

Eine Methode, die durch ihre Einfachheit besticht und die so nahe liegt, dass sie sich jedem Chemiker aufdrängt, ist die Umbildung des gasvolumetrischen in ein jodometrisches Verfahren.

Auch wir waren beschäftigt mit der Ausarbeitung eines jodometrischen Verfahrens, als wir erfuhren, dass schon andere in der nämlichen Richtung gearbeitet hatten.

Da unsere Methode in gewissen Hinsichten abweicht von andererseits schon gegebenen Vorschriften, halten wir es nicht für überflüssig, unsere Arbeitsweise und die von uns erzielten Resultate zu veröffentlichen.

Unter anderen haben E. RUPP und E. RÖSSLER,¹⁾ P. ARTMANN und A. SKRABAL,²⁾ R. BRANDIS³⁾ jodometrische Methoden zur Bestimmung des Ammoniakstickstoffs ausgearbeitet, während das Prinzip von P. ARTMANN³⁾ einer Methode zur indirekten Bestimmung des Zinks in NH_4ZnPO_4 zugrunde gelegt wurde.

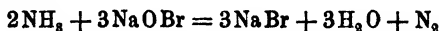
In Übereinstimmung mit dem von uns verfolgten Zweck, den Stickstoff in Ammoniakstickstoff haltenden Düngerstoffen zu bestimmen, haben wir die Konzentration der Bromlauge derart gewählt, dass den Anforderungen der Düngestoffanalyse hinsichtlich der erwünschten Genauigkeit Genüge getan wird.

¹⁾ Arch. de pharm. 243, 1905, 104.

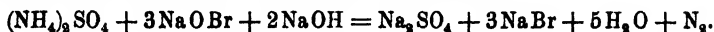
²⁾ Zeitschr. für analyt. Chemie 1907, 5; Chemiker-Zeitung 1911, 50; Repertor. 1907, 173; Zeitschr. für analyt. Chemie 1910, 1 und 152.

³⁾ Zeitschr. für analyt. Chemie 1915, 89.

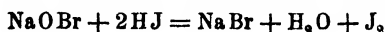
Das Prinzip, worauf ein jodometrisches Verfahren zur Bestimmung des Ammoniakstickstoffs beruht, ist die schon früher erwähnte Reaktion:



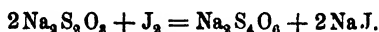
oder wenn schwefelsaures Ammon vorliegt:



Wird nun ein Übermaß von Bromlauge hinzugefügt, so kann dieses Übermaß gemessen werden, indem man mit Thiosulfat die Menge des Jods bestimmt, welche nach Ansäuerung der Bromlauge aus Jodkalium freigemacht wird.



und



Bei der Bereitung der Bromlauge haben wir auf Grund wiederholter Versuche eine sehr verdünnte Lösung bevorzugt.

Die Reaktion verläuft hierin auf befriedigende Weise, während etwas mehr oder weniger der verbrauchten Menge Reagenz auf den hieraus berechneten Stickstoffgehalt einen verhältnismässig geringen Einfluss ausübt.

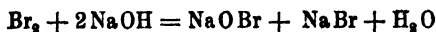
Es braucht kaum betont zu werden, dass die zur Rücktitration benutzte Thiosulfatlösung ähnlicher Verdünnung sein muss.

Wir bereiten

A. alkalische Bromlauge,

indem wir in 5 l NaOH-Lösung, welche 15.5 g NaOH enthält, unter Umschütteln 15.5 g Brom fließen lassen.

Die Menge NaOH entspricht der zweifach theoretischen, laut folgender Gleichung:



nach welcher auf rund 160 Gewichtsteile Brom rund 80 Gewichtsteile NaOH entfallen.

Wählt man diese Konzentration, so wird in 75 ccm des Reagenzes, wenn man von 50 mg schwefelsaurem Ammon ausgeht, oder in 50 ccm, wenn eine 100 mg entsprechende Menge Ammon-Superphosphatlösung (mit 7% Stickstoff) in Bearbeitung genommen wird, ein Übermaß von 30 bis 35% Brom anwesend sein, welches Übermaß für eine genügend weitgehende Reaktion in der erwünschten Richtung wesentlich ist.

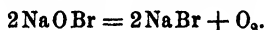
Die Titerstellung des Hypobromitreagenzes geschieht ähnlich, wie diese für die Rücktitration der überschüssigen Bromlauge angegeben wird, wobei aber die Zugabe der Na_2CO_3 -Lösung in Wegfall kommt. Es müssen ein paar Tage nach der Bereitung verlaufen, ehe der Titer genügend konstant ist, um eine zuverlässige Anwendung der Methode zu gewähren.

B. Thiosulfatlösung.

Zur Bereitung einer $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ -Lösung in Stärke, mit oben-erwähnter Bromlauge übereinstimmend, wird 9.6 g per Liter gelöst. Hinsichtlich der Bromlauge ist zu bemerken, dass sich in einer Lösung derselben NaBrO_3 bildet.¹⁾



Die ursprünglich anwesende Menge Sauerstoff bleibt aber die gleiche, wenn man absieht von einer geringen Menge, welche auf die Dauer, laut folgender Gleichung, entweicht:



Die Haltbarkeit der NaOBr -Lösung wird durch NaOH wesentlich gefördert.²⁾

Ausführung der Analyse.

Von einer Lösung von schwefelsaurem Ammon, 2.5 g in 500 ccm, oder von Ammon-Superphosphat, 5 g in 500 ccm, werden 10 ccm in einen 700 ccm fassenden Kolben pipettiert.

Unter Umschütteln bringt man 75 ccm, resp. 50 ccm der oben erwähnten Bromlauge in die Ammonlösung und stellt den Kolben wenige Minuten zur Seite, damit der Bromlauge einzuwirken Gelegenheit geboten wird.

Nachher bringt man der Reihenfolge nach 5 ccm einer 10 % KJ-Lösung, 20 ccm einer 10 % HCl-Lösung, dann tropfenweise 5 ccm einer gesättigten Na_2CO_3 -Lösung und schliesslich 200 ccm destilliertes Wasser in den Kolben und titriert das abgeschiedene Jod mit der vorgeschriebenen Thiosulfatlösung.

Als Indikator benutzt man eine Lösung von 50 mg Methylenblau in 1 l Wasser und zwar 1 ccm auf je 50 ccm Lösung.

Aus dem Stickstoffwert der Bromlauge, abzüglich des Stickstoffäquivalents des für die Titration des abgeschiedenen Jods

¹⁾ Zeitschr. für analyt. Chemie I, 1907, 8.

²⁾ O. DAMMER, Handbuch der anorganischen Chemie II, 2, 137.

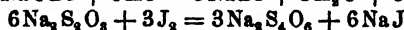
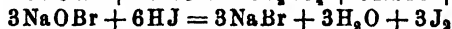
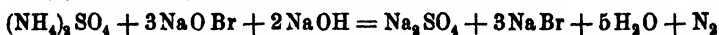
benutzten Thiosulfats, wird der Stickstoffgehalt des untersuchten Düngemittels berechnet.

Enthält das schwefelsaure Ammon Arsensulfid, so ist es nötig, die Lösung zu filtrieren, ehe man einen aliquoten Teil daraus entnimmt.

Die Zugabe des Natriumkarbonats¹⁾ bezweckt eventuell vorkommende Spuren von Stickstoff-Sauerstoffverbindungen, welche eine genaue Wahrnehmung des Endpunktes bei der Titration erschweren, durch die sich entwickelnde Kohlensäure zu beseitigen.

Der Gehalt der zu gebrauchenden Titerlösungen wird durch ihren Stickstoffwert ausgedrückt.

Weil nachstehende Reaktionen stattfinden:



kommen auf 2 Atome Stickstoff 6 Atome Jod und 6 Mol. Natriumthiosulfat oder auf 28 Gewichtsteile Stickstoff 761.52 Gewichtsteile Jod und 948.72 Gewichtsteile Thiosulfat, resp. 1489.2 Gewichtsteile Thiosulfat, wenn die Verbindung mit 5 Mol. Kristallwasser betrachtet wird.

Weiter ist:

1 Gew.-teil Stickstoff = 27.197 Gew.-teile Jod = 33.883 Gew.-teile Thiosulfat

0.0367 Gew.-teile Stickstoff = 1 Gew.-teil Jod = 1.246 Gew.-teile Thiosulfat

0.0295 Gew.-teile Stickstoff = 0.803 Gew.-teile Jod = 1 Gew.-teil Thiosulfat

Damit die Reaktion, welche auftritt beim Zusammenbringen der Bromlauge mit einer Ammonverbindung, genügend weit fortschreitet, muss für ein genügend grosses Übermaß Bromlauge Sorge getragen werden.

Dasselbe soll 30 bis 40 % betragen.

Die Berechnung des Titers, sowohl der Bromlauge wie des Thiosulfats soll sehr genau, mindestens in vier Dezimalen geschehen.

Die Bromlauge muss vor Tageslicht geschützt, am liebsten in einer Flasche von braunem Glase aufbewahrt werden. Obgleich man dieselbe in einer braun gläsernen Bürette abmessen kann, haben wir die nötigen Mengen Bromlauge stets abpipettiert, weil für die Analyse von Düngerstoffen einer Art stets gleiche Mengen Lauge verwendet werden und auf diese Weise Zeit erspart wird.

¹⁾ Zeitschr. für analyt. Chemie II, 1915, 94.

Vergleichende Bestimmungen des Ammoniakstickstoffs in schwefelsaurem Ammon und Ammon-Superphosphat, nach dem jodometrischen Verfahren und nach der Destillationsmethode.

Numer	a	b	a — b	Numer	a	b	a — b
$\frac{1}{10}\text{N}$ nach der jodometrischen Methode	$\frac{1}{10}\text{N}$ nach der Destillationsmethode	$\frac{1}{10}\text{N}$ nach der Destillationsmethode	%	$\frac{1}{10}\text{N}$ nach der jodometrischen Methode	$\frac{1}{10}\text{N}$ nach der Destillationsmethode	$\frac{1}{10}\text{N}$ nach der Destillationsmethode	%
1321	20.22	20.30	— 0.08	1575	20.12	20.25	— 0.13
1327	20.50	20.30	+ 0.20	1569	20.23	20.05	+ 0.18
1314	20.15	20.15	—	1574	20.33	20.25	+ 0.08
1311	20.00	20.15	— 0.15	219	20.18	20.30	— 0.12
1304	20.43	20.35	+ 0.08	203	19.72	19.75	— 0.03
1303	20.73	20.75	— 0.02	400	20.18	20.05	+ 0.13
1341	20.42	20.45	— 0.03	406	20.46	20.50	— 0.04
1345	20.29	20.15	+ 0.14	994	19.98	19.90	+ 0.08
171	20.16	20.15	+ 0.01	1006	19.70	19.85	— 0.15
203	19.82	19.75	+ 0.07	1005	20.30	20.25	+ 0.05
1254	20.17	20.25	— 0.08	1448	20.57	20.50	+ 0.07
1261	20.17	20.10	+ 0.07	1450	21.01	20.85	+ 0.16
1262	20.56	20.50	+ 0.06	1451	20.32	20.20	+ 0.12
1263	20.27	20.30	— 0.03	1523	19.93	19.80	+ 0.13
1269	20.37	20.35	+ 0.02	1525	19.68	19.65	+ 0.03
1272	19.87	19.90	— 0.03	1526	19.78	19.75	— 0.03
1290	19.36	19.35	+ 0.01	1529	20.22	20.15	+ 0.07
1304	20.26	20.30	— 0.04	1531	19.43	19.40	+ 0.03
1311	20.26	20.30	— 0.04	1533	20.52	20.50	+ 0.02
1314	20.31	20.25	+ 0.06	1534	19.68	19.85	— 0.17
1321	20.26	20.30	— 0.04	1571	20.00	20.10	— 0.10
1302	20.31	20.25	+ 0.06	1689	20.64	20.65	— 0.01
1303	20.90	20.75	+ 0.15	1595	20.29	20.25	+ 0.04
1327	20.40	20.30	+ 0.10	1596	19.57	19.50	+ 0.07
1335	20.17	20.10	+ 0.07	1597	19.71	19.75	— 0.04
1341	20.60	20.50	+ 0.10	1586	19.82	19.70	+ 0.12
1336	20.39	20.30	+ 0.09	1594	19.57	19.45	+ 0.12
1342	20.14	20.15	— 0.01	1607	19.97	19.95	+ 0.02
1343	20.27	20.15	+ 0.12	1608	20.15	20.15	—
1344	19.99	19.90	+ 0.09	1609	20.25	20.10	+ 0.15
1346	20.47	20.40	+ 0.07	1642	20.94	20.80	+ 0.14
1347	20.37	20.20	+ 0.17	1643	20.32	20.20	+ 0.12
1584	19.93	19.90	+ 0.03	1708	20.08	20.05	+ 0.03
1559	20.29	20.10	+ 0.19	1909	20.00	19.90	+ 0.10

Schwefelsaures Ammon.

Nummer	a %e-N nach der jodometrischen Methode	b %e-N nach der Destillations- methode	a — b %	Nummer	a %e-N nach der jodometrischen Methode	b %e-N nach der Destillations- methode	a — b %
--------	---	---	----------------	--------	---	---	----------------

Ammon-Superphosphat.

2096	6.95	6.95	—	2222	7.05	7.00	+ 0.05
2097	6.79	6.65	+ 0.14	2250	6.44	6.50	— 0.06
2098	6.96	6.80	+ 0.16	2275	7.08	7.10	— 0.02
2099	6.96	6.80	+ 0.16	2299	6.74	5.75	— 0.01
2163	7.06	7.05	+ 0.01	2301	6.73	6.75	— 0.02
2180	7.02	7.05	— 0.03	2356	6.55	6.55	—
2182	6.29	6.25	+ 0.04	2411	6.76	6.65	+ 0.11
2209	6.71	6.65	+ 0.06	2437	6.26	6.20	+ 0.06
2210	6.74	6.70	+ 0.04	2438	6.79	6.65	+ 0.14

Beim Zurücktitrieren soll man die Thiosulfatlösung nicht zu schnell zufließen lassen.

Da der Titer der Bromlauge nicht ganz konstant ist, muss derselbe jede paar Tage kontrolliert werden, was ohne viel Zeitaufwand geschehen kann.

Was die Kosten des jodometrischen Verfahrens betrifft, so stehen dieselben bei denen mit der Ausführung der Destillationsmethode verknüpft, zurück, indem kein Gasverbrauch stattfindet. Dies trifft sogar jetzt, bei den abnormal hohen Preisen für Brom und Jodkali zu.

Es ist kaum nötig zu betonen, dass die jodometrische Methode zur Bestimmung des Ammoniakstickstoffs in einer gegebenen Zeit eine viel grössere Zahl Analysen auszuführen gestattet, als bei Anwendung der Destillationsmethode nur angenähert möglich ist.

Die Beleganalysen, welche diesem Aufsatz zugefügt sind, werden zur Genüge zeigen, dass beim jodometrischen Verfahren zur Bestimmung des Ammoniakstickstoffs, bei Befolgung der von uns gegebenen Vorschriften, Resultate erzielt werden, welche mit denen genügend genau übereinstimmen, welche nach der Destillationsmethode ermittelt worden sind.

Landwirtschaftliche Reichsversuchsstation Maastricht.

April 1916.

Einfluss der Brache bezw. der Stallmistdüngung auf die Gestaltung der Ernteerträge an Stickstoff.

Von

TH. PFEIFFER.¹⁾

(Mit einer Textabbildung.)

Im Jahre 1907 gelangte ich in den Besitz einer Versuchseinrichtung, die ich zunächst dazu bestimmte, durch langfristige Versuche einen Beitrag zur Lösung der folgenden Fragen zu liefern: 1. Wird durch die Brachhaltung eines schweren Lehm-bodens im Vergleich zum Anbau von Leguminosen im Laufe einer vierjährigen Fruchtfolge den Pflanzen mehr oder weniger Stickstoff zur Verfügung gestellt? 2. Wie gestaltet sich die Ausnutzung des Stallmiststickstoffs bei einer Fruchtfolge, bei der auch Leguminosen eine Stelle eingeräumt wird? 3. Welchen Einfluss üben die erwähnten Massnahmen auf den Stickstoffhaushalt des betreffenden Ackerbodens aus?

Es standen 36 je 1 qm grosse, in den Ackerboden eingelassene, seitlich durch $1\frac{1}{2}$ m hohes, 15 cm starkes zementiertes Mauerwerk voneinander getrennte Kästen zur Verfügung; diese sind unten offen, ruhen auf dem gewachsenen Untergrunde und wurden seinerzeit gleichmässig durch Einwiegen von Odersand als Untergrund (90 cm) und gründlich gemischtem Rosenthaler Lehm-boden (60 cm) gefüllt. Um die 36 „Zementkasten-Parzellen“ zieht sich ein 50 cm breiter, durch zementiertes Mauerwerk gleichfalls abgegrenzter Streifen, der die gleiche Erdfüllung erhielt und dazu dient, die auf den benachbarten Parzellen vorgenommenen Kulturen in ihren Standortsverhältnissen hinsichtlich

¹⁾ Meine sämtlichen Mitarbeiter, darunter namentlich die Herren Dr. Dr. L. FRANK, E. BLANCK und W. SIMMERMACHER, sind im Laufe der Jahre auch an diesen Versuchen in hervorragender Weise beteiligt gewesen, und ich bin ihnen hierfür zu besonderem Danke verpflichtet.

des Zutrittes von Licht und Luft durch Anbau der gleichen Pflanzenart, die bei der Ernte keine Berücksichtigung findet, bzw. durch Brachhaltung, möglichst gleichmässig zu gestalten. Dieses Ziel liess sich allerdings, wie der in Fig. 1 das erste Versuchsjahr zur Darstellung bringende Lageplan beweist, leider nicht völlig erreichen; eine bessere Anordnung war

Lageplan

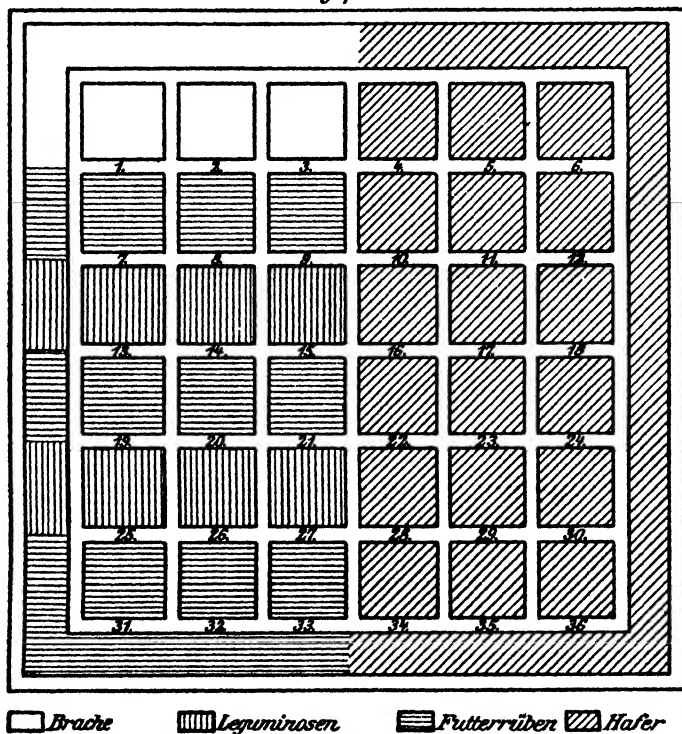


Fig. 1.

aber undurchführbar. Die ganze Anlage ist durch eine mit Drahtnetz überspannte, ca. 3 m hohe Eisenkonstruktion gegen die auf unserem Versuchsfelde, wie ich bei anderer Gelegenheit schon mehrfach zu erwähnen hatte, sehr lästige Vogelwelt sicher geschützt. Der hierdurch bedingte Lichtentzug verursacht nach den später in unserer Vegetationshalle gemachten Feststellungen¹⁾

¹⁾ Landw. Versuchs-Stationen Bd. 86, 1915, S. 47.

eine erhebliche Verminderung der Pflanzenproduktion; da es sich aber im vorliegenden Falle in erster Linie um die N-Ausnutzung und nicht etwa um die Trockensubstanzproduktion handelt, da ferner stets nur ein Vergleich der verschiedenen behandelten Fruchtfolgen vorgenommen werden soll, so kommt dieser Umstand nicht weiter in Betracht.

Die Versuche werden frühestens in 4 Jahren zum Abschluss gebracht werden, indem dann der Stickstoffgehalt des Bodens in jeder einzelnen Parzelle wie beim Beginn der Versuche festgestellt werden soll. Eine Beantwortung der 3. Frage ist also vorläufig überhaupt nicht möglich. Einige der bislang gewonnenen Zahlen haben bereits in meiner Schrift „Stickstoffsammelnde Bakterien, Brache und Raubbau“¹⁾ Aufnahme gefunden. Die Ergebnisse von weiteren 4 Jahren liegen jetzt vor und gestatten schon eine bestimmte Stellungnahme zu den beiden ersten Fragen, sowie zu einigen etwas abseits liegenden Punkten. Ich schreite deshalb zu einer Veröffentlichung des Versuchsmaterials unter vorläufiger Beschränkung auf die den Stickstoffgehalt der Erntesubstanzen betreffenden Angaben.

Im Jahre 1907 wurde nach dem Füllen der Parzellen zweimal hintereinander Senf zur Aussaat bezw. Ernte gebracht, einerseits um einen Überblick über die Abweichungen der einzelnen Parzellen hinsichtlich ihres für die Pflanzen verfügbaren N-Gehaltes zu gewinnen, andererseits um vor Beginn der eigentlichen Versuche eine Lagerung der Erdmassen zu erzielen.

Der N-Gehalt der zwei Ernten betrug:

(Siehe die Tabelle 1 auf S. 244.)

Das Gesamtmittel stellt sich auf 18.92 g, und die zugehörige wahrscheinliche Schwankung für die Einzelparzelle beträgt ± 1.126 g. Mit Hilfe dieser Angaben lässt sich der Anschluss der gewonnenen Ergebnisse an das Fehlerverteilungsgesetz prüfen:

					berechnet	gefunden
Abweichungen mit dem Vorzeichen +					18	20
" " " "					— 18	16
Zahl der Abweichungen	{	1 fache wahrscheinl. Schwankung . .			18.0	17
		2 " " " . .			29.6	30
		3 " " " . .			34.5	36

¹⁾ II. Aufl., 1912, S. 77.

Tabelle 1.

Nummer der Parzellen	Stickstoff		Nummer der Parzellen	Stickstoff		Nummer der Parzellen	Stickstoff	
	g	Ab- weichung vom Gesamt- mittel		g	Ab- weichung vom Gesamt- mittel		g	Ab- weichung vom Gesamt- mittel
1	20.76	+ 1.84	13	19.41	+ 0.49	25	16.62	— 2.30
2	19.90	+ 0.98	14	19.70	+ 0.78	26	18.01	— 0.91
3	20.36	+ 1.44	15	19.84	+ 0.92	27	17.20	— 1.72
4	21.40	+ 2.48	16	19.08	+ 0.16	28	17.43	— 1.49
5	19.70	+ 0.78	17	18.23	— 0.69	29	16.87	— 2.05
6	20.45	+ 1.53	18	18.51	— 0.41	30	16.80	— 2.12
7	19.97	+ 1.05	19	17.85	— 1.07	31	19.64	+ 0.72
8	21.20	+ 2.28	20	17.51	— 1.41	32	19.06	+ 0.14
9	20.27	+ 1.35	21	18.14	— 0.78	33	16.75	— 2.17
10	21.19	+ 2.27	22	17.34	— 1.58	34	20.20	+ 1.28
11	18.82	— 0.10	23	16.38	— 2.54	35	19.82	+ 0.90
12	19.93	+ 1.01	24	16.27	— 2.65	36	20.46	+ 1.54

Die Übereinstimmung zwischen den berechneten und gefundenen Zahlen ist keine vollständige, aber immerhin kann auch aus dieser Zusammenstellung gefolgert werden, dass man durchaus berechtigt ist, die Gesetze der Wahrscheinlichkeitslehre auf derartige Versuche zu übertragen.

Je 3 nebeneinanderliegende Parzellen sollten in vierjährigem Fruchtwechsel immer gleich behandelt werden. Fasst man die entsprechenden Zahlen zu einem Mittel zusammen, so ergibt sich folgendes Bild:

Tabelle 2.

Versuchs- reihe	Par- zellen	N	Par- zellen	N	Par- zellen	N	Par- zellen	N	Gesamt- mittel N
	Nr.	g	Nr.	g	Nr.	g	Nr.	g	g
I	1/3	20.34 ± 0.17	4/6	20.52 ± 0.15	7/9	20.48 ± 0.29	10/12	19.98 ± 0.48	20.33 ± 0.15
II	13/15	19.65 ± 0.10	16/18	18.61 ± 0.19	19/21	17.83 ± 0.13	22/24	16.66 ± 0.27	18.19 ± 0.09
III	25/27	17.28 ± 0.29	28/30	17.03 ± 0.16	31/33	18.48 ± 0.69	34/36	20.16 ± 0.14	18.24 ± 0.19

Man erkennt deutlich, ebenso wie aus den Angaben der Tabelle 1, dass die Stickstoffträge sich zunächst *mutatis mutandis* auf gleicher Höhe halten, dann sinken, um schliesslich wieder, selbstverständlich immer von Ausnahmen abgesehen, bis zur alten Höhe zu steigen. Diese Tatsache macht einen Vergleich mit dem ursprünglichen N-Gehalte des in die Zementkästen gebrachten Rosenthaler Lehmbodens wünschenswert. Die zum Füllen erforderlichen rund 22 cbm Erde waren mit Hilfe eines weitmaschigen Wurfsiebes von grösseren Steinen befreit und dann gründlich durch Hin- und Herarbeiten durchgemischt worden. Das Füllen geschah in der Weise, dass von den in einem Schuppen möglichst flach ausgebreiteten Erdmassen an möglichst verschiedenen Stellen gleichmässige Mengen in Zinkgefässen abgewogen und in die Kästen entleert wurden, wo fortwährend ein tunlichst gleichmässiges Einstampfen, namentlich auch an den Seitenwänden, stattfand. Von jeder Parzelle wurden während des Einfüllens je 10 Erdproben in gleichmässigen Abständen, d. h. von jeder 3. Gefässfüllung, für Analysenzwecke entnommen. Die Untersuchung der Erde (10 N-Bestimmungen in jeder Probe), sowie die Berechnung der wahrscheinlichen Schwankungen erfolgte in der früher beschriebenen Weise,¹⁾ und es sei hier nur noch kurz erwähnt, dass manche N-Bestimmungen missglückten, bezw. infolge gar zu grosser Abweichungen bei der Berechnung der Durchschnittsergebnisse, aus im günstigsten Falle 100 N-Bestimmungen für jede Parzelle, ausgeschaltet werden mussten. Die getroffenen weitgehenden Vorsichtsmassregeln haben nach Ausweis der Tabelle 3 leider nicht verhindert, dass der N-Gehalt der verschiedenen Parzellen bedeutenden Schwankungen unterliegt, die ausserhalb der berechneten wahrscheinlichen Fehler liegen.

(Siehe die Tabelle 3 auf S. 246.)

In einzelnen Fällen haben diejenigen Parallelparzellen, die durchschnittlich einen höheren N-Gehalt der Erde aufweisen, auch eine höhere N-Ernte ergeben, was z. B. mit leidlicher Regelmässigkeit für Versuchsreihe III gilt; im allgemeinen stösst man aber merkwürdigerweise eher auf die umgekehrte Tatsache. Die letzte Spalte der Tabellen 2 und 3, welche die für alle Berechnungen auch aus anderweitigen Versuchsergebnissen immer besonders in Betracht zu ziehenden Angaben enthält,

¹⁾ Mitteilungen der Landw. Institute in Breslau, Bd. 4, 1909, S. 718.

Tabelle 3.

Versuchs- reihe	Par- zellen	N	Par- zellen	N	Par- zellen	N	Par- zellen	N	Gesamt- mittel N
	Nr.	g	Nr.	g	Nr.	g	Nr.	g	g
I	1/3	1316.31 ± 5.17	4/6	1356.54 ± 6.06	7/9	1366.51 ± 3.48	10/12	1344.63 ± 5.42	1346.00 ± 2.56
II	13/15	1376.40 ± 5.60	16/18	1402.56 ± 6.22	19/21	1408.83 ± 7.20	22/24	1395.03 ± 4.72	1393.21 ± 3.00
III	25/27	1441.87 ± 4.28	28/30	1416.51 ± 7.41	31/33	1433.12 ± 5.20	34/36	1530.71 ± 3.37	1455.50 ± 2.64

führt dies dem Leser am anschaulichsten vor Augen. Versuchsreihe I hat im Mittel bei niedrigstem N-Gehalte der Erde den höchsten N-Ertrag in den beiden Senfernten geliefert; während Versuchsreihe III sich fast genau umgekehrt verhält und Versuchsreihe II im Verhältnis zum N-Gehalte der Erde, verglichen mit I, einen zu niedrigen, verglichen mit III, einen zu hohen N-Ertrag aufweist. Die einzige für dieses eigentümliche Verhalten vorhandene Erklärung dürfte m. E. die sein, dass der Gehalt des Rosenthaler Lehm Bodens an Gesamtstickstoff keinen sicheren Maßstab für die den Pflanzen in aufnehmbarer Form zur Verfügung stehenden N-Mengen bietet. Hätten mir damals schon die Erfahrungen zur Seite gestanden, die ich im Laufe der Jahre zu sammeln Gelegenheit gehabt habe, so würde ich ganz gewiss zum Füllen der Kästen einen Lehm Boden anderer Herkunft gewählt haben. Die betreffenden Ackerstücke in Rosenthal sind, bevor sie als Versuchsfeld hergerichtet wurden, lange Jahre mit reichlichen Mengen städtischer Abfallstoffe, Hausmüll, gedüngt worden, und man stösst noch jetzt häufig auf allerlei schwer zersetzliche Reste charakteristischer Art, z. B. auf Austernschalen. Eine völlig gleichmässige Verteilung der für die Pflanzen so gut wie wertlosen organischen N-haltigen Bestandteile besonderer Art, z. B. der Überreste unverbrannter Steinkohlen, scheint nun trotz gründlichsten Mischens der Erde kaum zu gelingen, und dies dürfte bewirkt haben, dass der Gehalt der Parzellenerde an Gesamtstickstoff ein so ausserordentlich verschiedener gewesen ist. Daneben muss dann allerdings auch der

von den Pflanzen verwertbare N recht bedeutende Schwankungen aufzuweisen gehabt haben, wofür eine besondere Ursache, abgesehen von der grossen Schwierigkeit, aus derartig umfangreichen Erdmassen die zum Füllen der Kästen erforderlichen Durchschnittsproben von je 800 kg in absolut gleichmässiger Beschaffenheit zu entnehmen, nicht angegeben werden kann. Es sei aber demgegenüber schon hier besonders betont, dass die folgenden Ernten, soweit sie unmittelbar miteinander verglichen werden können, eine recht gute Übereinstimmung ihres N-Gehaltes aufweisen; der zuletzt erwähnte Übelstand scheint also durch die Entnahme der beiden Senfernten so gut wie beseitigt worden zu sein.

Für die eigentlichen Versuche ist dann Reihe I (Nr. 1—12) zur Durchführung der Brache, Reihe II (Nr. 13—24) für den vergleichweisen Anbau von Leguminosen und Reihe III (Nr. 25 bis 36) für die gleiche Fruchtfolge unter Anwendung einer Stallmistdüngung bestimmt worden. Sollte man etwa geneigt sein, dem höheren N-Gehalte der beiden Senfernten auf den Parzellen 1—12 eine nachhaltige Bedeutung beizumessen, so würden auch die späteren N-Ernten reichlich hoch ausgefallen sein, was den von mir der Brachewirkung gegenüber schon lange eingenommenen Standpunkt höchstens noch etwas zu stärken vermöchte. Ich werde nämlich zu zeigen haben, dass die Brachehaltung in beiden Versuchsabschnitten so wie so recht schlecht abschneidet.

Die beiden Fruchtfolgen, die im ersten Versuchsjahre (1908) auf je 3 Parallelparzellen selbstverständlich mit einer verschiedenen Frucht zu beginnen hatten (vergl. Lageplan), lehnen sich an die, ähnlichen Zwecken dienenden, bekannten Versuche in Rothamsted an. Sie lauten:

I. Brache, Hafer, Futterrüben, Hafer.

II. Erbsen, Hafer, Futterrüben, Hafer.

Der Anbau von Wintergetreide ist mit voller Absicht vermieden worden, weil die Gefahr des Auswinterns mir auf den Zementkastenparzellen, von deren Wandungen der Boden sich bei trockener Witterung sehr leicht abhebt, zu gross zu sein schien. Der etwaige Einwand, dass die Wirkung der Brache hinsichtlich der Ausnutzung des auf diesem oder jenem Wege den Pflanzen zugänglich gemachten Stickstoffs nicht voll in die Erscheinung hätte treten können, fällt demgegenüber, wie später

näher gezeigt werden wird, kaum ins Gewicht. Die häufige Wiederkehr des Hafers ist ebenfalls ohne Belang. Ich führe als Beweis hierfür die im Jahre 1914 — der letzten 1915 er Ernte war eine Kalkdüngung vorangegangen — pro Hektar durchschnittlich erzielten Ernten, auf Luftrockensubstanz mit 14 % Feuchtigkeit umgerechnet, an, die trotz fehlender N-Düngung noch immer eine recht ansehnliche Höhe erreicht haben.

	Körner	Stroh
Versuchsreihe I . . .	20.5 dz	34.0 dz
II . . .	20.7 "	34.5 "

Auf das allmähliche Sinken der N-Erträge komme ich später zu sprechen.

Die Düngung der Parzellen 25—36 mit Stallmist erfolgte im Frühjahr 1908 und 1912 mit je 4 kg. Von dem möglichst fein zerhackten und gründlich gemischten Mist wurden gleichzeitig 4 Proben für die Analysen entnommen, die nach dem Versetzen mit Weinsäure getrocknet wurden, und in denen die N-Bestimmungen einen durchschnittlichen Gehalt von 0.325 bzw. 0.377 % ergaben.

Ausserdem wurde alljährlich überall gleichmässig, abgesehen von den Bracheparzellen,¹⁾ mit Kali und Phosphorsäure, meist in Form von Kainit und Thomasmehl, anfangs je 60 g, später 50 bzw. 40 g pro Parzelle, gedüngt. Im Herbst 1914 wurde zur eventuellen Mobilisierung des durch die N-sammelnden Bakterien auf den Bracheparzellen bzw. in den Stallmistresten aufgespeicherten Stickstoffs eine Kalkung in Höhe von 500 g Stückkalk pro Parzelle vorgenommen. Die für die Brachhaltung im Jahre 1915 bestimmten Parzellen 4—6 erhielten diese Düngung in Form der gleichzeitig mit den übrigen abgewogenen Proben aus naheliegenden Gründen erst im Herbst dieses Jahres.

Aus den alljährlich gemachten Vegetationsnotizen sei vorläufig nur erwähnt, dass 1908 ein Hagelunwetter die Erbsen derartig geschädigt hatte, dass sie am 10. Juni geerntet und durch Ackerbohnen ersetzt werden mussten; diese wurden gleichzeitig mit dem Hafer, also vor Eintritt der Reife geerntet, um hierdurch nach Möglichkeit einen Ausgleich hinsichtlich des Bestandes des Bodens mit Leguminosen herbeizuführen; die geernteten Erbsen- und Bohnenpflanzen jeder Parzelle wurden vereinigt.

¹⁾ Diese haben entweder nur die halbe oder gar keine Düngung erhalten.

Im Mai 1911 hatten die Parzellen 14 und 15 (Hafer) ziemlich stark unter Mäusefrass zu leiden, doch gelang es noch durch Umpflanzen von Haferpflanzen, die wir dem benachbarten „Schutzstreifen“ entnahmen, den Schaden so gut wie vollständig auszugleichen. Leider haben sich auch im Jahre 1914 in einem späteren Vegetationsstadium einige Mäuse auf Parzelle 34 (Hafer), weniger auf Parzelle 33 (Erbsen), recht unangenehm bemerkbar gemacht. Sonstige Störungen augenfälliger Art waren nicht zu verzeichnen.

Ich lasse nunmehr, um dem Leser einen Gesamtüberblick zu gewähren, zunächst eine Zusammenstellung sämtlicher N-Ernten hier folgen:

(Siehe die Tabelle 4 auf S. 250.)

Die Angaben der Tabelle 4 sind dann in einer für die weitere Besprechung geeigneten Form, unter gleichzeitiger Berechnung der wahrscheinlichen Schwankungen, wie folgt zusammengefasst worden:

(Siehe die Tabelle 5 auf S. 251 und 252.)

A. Allgemeine Schlussfolgerungen.

a) Die Parallelparzellen weichen in ihren Ergebnissen oft ziemlich bedeutend voneinander ab. Eine Ausschaltung wäre vielleicht in einzelnen Fällen zulässig gewesen; dies gilt z. B. von denjenigen Parzellen, bei denen ein Mäusefrass deutlich nachweisbar war. Die dadurch verursachten Unterschiede sind aber nach Ausweis der Tabelle 4 nicht grösser, als sie auch sonst ohne erkennbare besondere Ursache vielfach auftreten, und deshalb schien mir die Heranziehung sämtlicher Ergebnisse für die Berechnung der Mittelzahlen und der dazugehörigen wahrscheinlichen Schwankungen am richtigsten zu sein.

Der Hafer schneidet in dieser Beziehung unbedingt am besten ab; die wahrscheinlichen Schwankungen, auf Prozent des N-Ertrags umgerechnet, überschreiten bei ihm nur in seltenen Ausnahmefällen diejenigen Werte, auf die man auch bei Gefässversuchen gefasst sein muss. Weniger günstig haben sich die betreffenden Verhältnisse bei den Erbsen und Rüben gestaltet, indem hier die wahrscheinlichen Schwankungen umgekehrt im allgemeinen höher ausgefallen sind. Das Gesamtbild lässt sich am

(Fortsetzung des Textes siehe auf S. 253.)

Tabelle 4.

Parzelle Nr.	1908	1909	1910	1911	1912	1913	1914	1915
1	—	11.24	13.79	4.90	—	6.72	6.12	5.55
2	—	11.60	16.08	5.20	—	6.30	7.08	5.48
3	—	10.75	16.21	4.89	—	7.09	8.65	5.41
4	8.13	12.12	6.41	—	8.75	9.24	4.72	—
5	8.46	11.11	6.04	—	8.02	9.34	4.92	—
6	8.91	10.87	6.23	—	7.56	9.33	5.26	—
7	15.71	7.46	—	5.88	8.79	6.34	—	6.15
8	16.59	7.51	—	7.10	11.04	6.64	—	6.45
9	16.54	7.60	—	6.12	8.92	5.89	—	5.71
10	7.90	—	7.22	11.70	5.05	—	4.93	8.32
11	8.49	—	7.39	11.93	5.53	—	5.24	9.83
12	9.22	—	7.21	12.70	5.40	—	4.84	10.22
13	12.65	10.46	15.00	4.76	8.01	6.72	7.64	6.10
14	11.45	9.70	16.84	5.05	8.82	6.08	8.67	6.19
15	15.53	9.79	15.25	5.12	7.50	7.13	6.98	5.59
16	8.53	12.09	6.45	10.99	6.66	9.35	5.11	7.92
17	8.03	10.64	6.43	10.18	5.90	8.83	4.90	8.19
18	8.56	10.84	6.65	9.45	5.96	8.84	5.22	7.78
19	15.22	7.22	9.95	5.64	8.31	6.31	10.57	5.95
20	17.66	7.84	9.44	5.44	9.95	6.26	10.71	6.01
21	15.63	7.20	10.85	5.93	9.00	6.61	11.75	5.88
22	8.51	6.65	8.19	12.66	5.95	10.94	5.60	13.22
23	8.29	9.26	7.50	12.31	5.67	10.50	4.87	10.90
24	8.89	8.82	8.32	12.69	5.68	10.12	5.21	11.40
25	9.76	12.59	16.13	5.20	9.01	8.13	8.58	5.94
26	11.70	12.14	17.63	5.55	9.88	9.38	10.43	6.00
27	11.35	12.35	19.33	5.53	9.58	8.75	9.21	5.99
28	9.20	11.82	8.02	10.71	6.83	12.53	6.04	8.19
29	9.00	12.64	7.60	9.25	8.36	13.22	6.11	8.13
30	10.49	12.47	7.71	8.50	8.45	11.68	6.33	8.29
31	16.21	9.38	10.59	6.22	9.96	7.97	12.23	6.22
32	17.84	9.53	11.40	6.47	11.65	8.44	10.42	5.76
33	19.80	9.50	9.93	6.04	13.54	7.76	10.35	6.36
34	9.10	9.34	10.07	15.31	7.86	11.82	5.96	13.74
35	9.78	8.56	9.04	13.50	7.98	11.19	6.78	12.87
36	10.49	9.60	9.00	13.56	7.48	11.31	6.27	12.15

Tabelle 5.
Stickstoff, Gramm, im Durchschnitt der 3 Parallelparzellen.

Versuchs- reihe	Nummer der Parzellen	Frucht	Stickstoff		Frucht	Stickstoff		Frucht	Stickstoff		Frucht	Stickstoff	
			g	± g		g	± g		g	± g		g	± g
I	1-3 4-6 7-9 10-12	Brache Hafer Rüben Hafer	—	—	Hafer	11.20	0.17	Rüben	15.36	0.53	Hafer	5.00	0.07
			8.50	0.15	Rüben	11.37	0.26	Hafer	6.23	0.07	Brache	—	—
			16.28	0.20	Hafer	7.52	0.03	Brache	—	—	Hafer	6.37	0.25
			8.54	0.26	Brache	—	—	Hafer	7.27	0.04	Rüben	12.11	0.21
	Summa:		33.32	0.36		30.09	0.31		28.86	0.54		23.48	0.34
II	13-15 16-18 19-21 22-24	Erbsen Hafer Rüben Hafer	13.21	0.81	Hafer	9.98	0.18	Rüben	15.70	0.40	Hafer	4.98	0.08
			8.37	0.12	Rüben	11.19	0.52	Hafer	6.51	0.05	Erbsen	10.21	0.30
			16.17	0.50	Hafer	7.42	0.14	Erbsen	10.08	0.28	Hafer	5.67	0.10
			8.56	0.17	Erbsen	8.24	0.54	Hafer	8.00	0.17	Rüben	12.55	0.08
Summa:		46.31	0.97		36.83	0.78		40.29	0.52		33.41	0.34	
III	25-27 28-30 31-33 34-36	Erbsen Hafer Rüben Hafer	10.94	0.40	Hafer	12.36	0.10	Rüben	17.70	0.62	Hafer	5.43	0.07
			9.56	0.32	Rüben	12.31	0.17	Hafer	7.78	0.09	Erbsen	9.49	0.44
			17.95	0.79	Hafer	9.47	0.02	Erbsen	10.64	0.29	Hafer	6.24	0.09
			9.79	0.27	Erbsen	9.17	0.22	Hafer	9.37	0.74	Rüben	14.12	0.40
Summa:		48.24	0.98		43.31	0.30		45.49	1.01		35.28	0.60	

Noch Tabelle 5.

Versuchsreihe	Nummer der Parzellen	Frucht	Stickstoff		Frucht	Stickstoff		Frucht	Stickstoff				
			g	± g		g	± g		g	± g			
I	1—3 4—6 7—9 10—12	Brache Hafer Rüben Hafer	1912		Hafer Rüben Hafer Brache	1913		Rüben Hafer Brache Hafer	1914		1915		
			—	—		6.70	0.17		7.28	0.50	5.48	0.03	
			8.11	0.23		9.30	0.02		4.97	0.11	—	—	
			9.58	0.49		6.29	0.15		—	—	6.10	0.15	
			5.33	0.10		—	—		5.00	0.09	9.46	0.38	
			Summa:	23.02		0.55	22.29		0.23	17.25	0.52	21.04	0.41
	II	13—15 16—18 19—21 22—24	Erbsen Hafer Rüben Hafer	1912		Hafer Rüben Hafer Erbsen	1913		Rüben Hafer Erbsen Hafer	1914		1915	
				8.11	0.26		6.64	0.21		7.76	0.33	5.96	0.13
				6.17	0.16		9.01	0.12		5.08	0.07	7.96	0.08
				9.09	0.32		6.39	0.08		11.01	0.25	5.95	0.03
				5.77	0.06		10.52	0.16		5.23	0.14	11.84	0.47
				Summa:	29.14		0.45	32.56		0.30	29.08	0.45	31.71	0.49
	III	25—27 28—30 31—33 34—36	Erbsen Hafer Rüben Hafer	1912		Hafer Rüben Hafer Erbsen	1913		Rüben Hafer Erbsen Hafer	1914		1915	
				9.49	0.18		8.75	0.24		9.41	0.36	5.98	0.01
				7.88	0.36		12.48	0.30		6.16	0.06	8.20	0.03
				11.68	0.67		8.06	0.14		11.00	0.41	6.11	0.12
				7.77	0.10		11.44	0.13		6.34	0.16	12.92	0.31
				Summa:	36.82		0.79	40.73		0.44	32.91	0.57	33.21	0.34

besten in wenigen Zahlen durch Berechnung der im Durchschnitt der sämtlichen gleichartigen Versuche, ohne Benutzung des Fehlerfortpflanzungsgesetzes, resultierenden wahrscheinlichen Schwankungen zur Darstellung bringen. Wir finden so für

Hafer	Erbsen	Rüben
$\pm 1.9\%$	$\pm 2.9\%$	$\pm 3.1\%$

Die Erklärung für die stärkeren Abweichungen bei den Erbsen dürfte in der bekannten Tatsache, dass diese Frucht allgemein als „unsicher“ gilt, zu suchen sein; geringe Schädigungen dieser oder jener Art werden auf Parallelparzellen niemals völlig gleichmässig zur Geltung kommen.

Bei den Rüben ist dagegen m. E. ein anderer Umstand zu berücksichtigen. Die Zahl der Pflanzen ist eine ziemlich geringe, trotzdem wir auf jeder Parzelle je 25 Rüben, gleichmässig auf 5 Reihen verteilt, stehen lassen. Dieser für praktische Verhältnisse ungewöhnlich dichte Bestand ist absichtlich gewählt worden, weil es sich in letzter Linie allein um eine möglichst gleichmässige Ausnutzung des N handelt. Das Vereinzeln der Pflanzen ist ferner immer erst nach und nach geschehen, so dass schliesslich die angegebene Zahl möglichst kräftiger Exemplare stehen blieb. Ein nachträgliches Eingehen einer einzelnen Pflanze ist nur in seltenen Ausnahmefällen beobachtet worden, und auf die etwaige Anbringung einer „Korrektur“, die unter allen Umständen eine mehr oder weniger willkürliche Verbesserung eines Fehlers bedeutet, konnte daher doppelt leichten Herzens verzichtet werden. Alle Vorsichtsmassregeln für eine völlig gleichmässige Gestaltung sämtlicher Vegetationsfaktoren haben selbstverständlich volle Beachtung gefunden und lassen sich auch auf derartig kleinen Parzellen verhältnismässig leicht durchführen. Wenn trotzdem die wahrscheinlichen Schwankungen bei den Rüben nicht unwesentlich höher als beim Hafer ausgefallen sind, so wird man hierfür individuelle Verschiedenheiten der immerhin geringen Zahl von Rübenpflanzen verantwortlich machen müssen. Dieser Punkt scheint mir nach den gemachten Feststellungen *mutatis mutandis* für alle Versuche, bei denen fragliche Pflanzenart zum Anbau gelangt, eine nicht zu unterschätzende Bedeutung zu besitzen.

b) Während bei den Versuchen der Senf in den 3 Versuchsreihen Ergebnisse lieferte, deren Unterschiede durch die zugehörigen wahrscheinlichen Schwankungen nur selten eine Er-

klärung finden (vergl. Tabelle 3), hat später, wie bereits erwähnt wurde, ein sehr erfreulicher Ausgleich stattgefunden. Nachstehende Zahlen, die sich auf die miteinander vergleichbaren Parzellen der Versuchsreihe I und II¹⁾ beziehen, liefern hierfür den vollgültigen Beweis.

Tabelle 6.

Versuchsreihe	1908			1909		1910
	Hafer		Rüben	Hafer	Rüben	Hafer
I {	8.50	8.54	16.28	7.52	11.37	6.23
	± 0.15	± 0.26	± 0.20	± 0.03	± 0.26	± 0.07
II {	8.37	8.56	16.17	7.42	11.10	6.51
	± 0.12	± 0.17	± 0.50	± 0.14	± 0.52	± 0.06

Die Unterschiede sind durchweg sehr gering und überschreiten selbst im ungünstigsten Falle — Hafer 1910 = 0.28 ± 0.085 g — kaum die dreifache wahrscheinliche Schwankung. Es kann also, wie gesagt, angenommen werden, dass der Abbau des N-Vorrates im Boden während der eigentlichen Versuche sehr gleichmässig stattgefunden hat, während die Abweichungen bei den Senfernten auf einen ungleichmässigen Gehalt der verschiedenen Parzellen an leicht aufnehmbaren N-Verbindungen zurückzuführen sein dürften. Diese Feststellung verdient besondere Beachtung, da sie allen weiteren Schlussfolgerungen zur Stütze gereicht.

c) Die in Tabelle 5 gebildeten Summen beziehen sich auf den N-Ertrag von je 3 bzw. 4 Früchten und gewähren einen ersten Überblick über die Gestaltung der N-Entnahme in den verschiedenen Jahren. Bei Versuchsreihe I ist in dieser Beziehung ein ganz regelmässiges, wenn auch verschieden hohes Zurückgehen der N-Mengen wahrnehmbar, bis auf das letzte Versuchsjahr, in welchem die Kalkdüngung wieder zu einem Mehrertrage, so kann man folgern, geführt hat. Die wahrscheinlichen Schwankungen der Summen müssen aber selbstverständlich ebensowohl wie die verschiedenen Witterungsverhältnisse, auf die in diesem vorläufigen Berichte nicht näher

¹⁾ Die Durchschnittszahlen für Hafer nach Brache bzw. nach Erbsen 1909 sind natürlich unvergleichbar usw. Ferner können die Versuche der Reihe III infolge der Stallmistdüngung selbstverständlich ebenfalls nicht herangezogen werden.

eingegangen werden soll, Berücksichtigung finden. Eine deutliche Abnahme der N-Erträge von der ersten zur zweiten Versuchsperiode wird sich indessen sicherlich nicht leugnen lassen. Die folgende Tabelle, für die der Durchschnittsertrag von je 4, beim Hafer hinsichtlich der Fruchtfolge möglichst gleichgestellten, Ernten berechnet worden ist, bringt dies klar zum Ausdruck.

Tabelle 7.

Versuchsreihe	Hafer		Rüben	Erbsen
	a	b		
A. 1908—1911.				
I	7.73 ± 0.06	7.43 ± 0.09	13.78 ± 0.17	—
II	7.46 ± 0.06	7.41 ± 0.07	13.90 ± 0.20	10.44 ± 0.27
III	8.78 ± 0.09	8.72 ± 0.19	15.52 ± 0.27	10.06 ± 0.17
B. 1912—1915.				
I	6.31 ± 0.08	5.68 ± 0.06	8.90 ± 0.20	—
II	5.96 ± 0.08	5.84 ± 0.04	9.42 ± 0.17	9.40 ± 0.10
III	7.19 ± 0.11	7.07 ± 0.07	11.62 ± 0.22	10.03 ± 0.12
C. Differenzen zwischen A. und B.				
I	1.42 ± 0.10	1.75 ± 0.11	4.88 ± 0.26	—
II	1.50 ± 0.10	1.57 ± 0.08	4.48 ± 0.26	1.04 ± 0.29
III	1.59 ± 0.14	1.65 ± 0.20	3.90 ± 0.35	0.03 ± 0.21

Die unter C in vorstehender Tabelle aufgeführten Differenzen sind beim Hafer geringer als bei den Rüben; sie erreichen bei jenem im Gesamtmittel die Höhe von $20 \pm 0.7\%$, bei diesen von $31 \pm 1.2\%$. Hieraus ergibt sich im Anschluss an die S. 247 gemachte Bemerkung, dass der häufige Anbau des Hafers keinen Nachteil im Gefolge gehabt hat; die sinkenden N-Erträge sind auf andere Ursachen zurückzuführen. Die Erbsen weisen in den beiden Vergleichsperioden keinen Unterschied oder nur einen solchen auf, der noch innerhalb der vierfachen wahrscheinlichen Schwankung liegt.

Schliesslich sei noch an dieser Stelle darauf aufmerksam gemacht, dass die N-Erträge auch bei Anwendung einer Stallmistdüngung gesunken sind, und zwar fast in gleicher Höhe wie bei der zum Vergleich heranzuziehenden Versuchsreihe II; es ergibt sich allerdings ein kleiner Unterschied, der aber mit 1.42 ± 0.65 g noch keineswegs als völlig sicher gelten kann.

B. Wirkung der Brache.

Ein Blick in die Tabelle 5 lehrt, dass die Brachhaltung im ersten Jahre einen verhältnismässig sehr hohen N-Ertrag in der nachfolgenden Haferernte zu erzielen gestattet hat; später ist die Wirkung, vielleicht mit einer Ausnahme (1912), eine sehr viel geringere und 1914 ist der Unterschied zwischen Brache- und Rübenhafer sogar auf ein ganz unwesentliches Minimum gesunken. Witterungsverhältnisse können selbstverständlich auch hierbei eine Rolle gespielt haben. Andererseits wird aber nicht verkannt werden können, dass die von mancher Seite behauptete, sozusagen unfehlbare Eigenschaft der Brache, den nachfolgenden Pflanzen grosse N-Mengen zur Verfügung zu stellen, schon durch diese Tatsache in ein etwas zweifelhaftes Licht gerückt wird. Im Gesamtdurchschnitt der 7 in Betracht kommenden Jahre, in denen der Brache- mit dem Rübenhafer verglichen werden kann, ergibt sich nach Tabelle 5 für jenen ein Plus von 1.42 ± 0.078 g N = rund 24 ± 1.2 ‰. Ob hieran die freilebenden N-sammelnden Bakterien irgendwie beteiligt sind, lässt sich natürlich nicht sagen.

Die eigentliche Entscheidung über den etwaigen Nutzen, den die Brachhaltung im Vergleich zum Anbau von Leguminosen zu stiften vermag, wird daher natürlich auf einem anderen Wege zu erbringen sein. Bevor ich mich diesem zuwende, sei noch kurz erwähnt, dass die betreffenden Bracheparzellen im Laufe der Sommermonate so oft umgearbeitet worden sind, als sich eine Begrünung durch Unkräuter einstellte, wodurch der Boden stets eine ausserordentlich günstige, physikalische Beschaffenheit angenommen hatte.

Die folgende Tabelle ist in der Weise zusammengestellt worden, dass in ihr der N-Ertrag einer jeden Parzelle während einer 4-jährigen Rotation — 3 bezw. 4 Ernten umfassend — Aufnahme gefunden hat und aus je 3 Parallelparzellen das Mittel mit der zugehörigen wahrscheinlichen Schwankung berechnet worden ist. Die Abweichungen zwischen Versuchsreihe I und II — Brache bezw. Leguminosen-Fruchtfolge — liefern das gesuchte Ergebnis.

Tabelle 8.

1908—1911					1912—1915				
Versuchsreihe I		Versuchsreihe II		II—I	Versuchsreihe I		Versuchsreihe II		II—I
Nr. der Parzelle	N g	Nr. der Parzelle	N g	N g	Nr. der Parzelle	N g	Nr. der Parzelle	N g	N g
1	29.93	13	42.87		1	18.39	13	28.47	
2	32.88	14	43.04		2	18.86	14	29.76	
3	31.85	15	45.69		3	21.15	15	27.20	
Mittel:	31.55 ± 0.60		43.87 ± 0.61	+ 12.32 ± 0.86		19.47 ± 0.57		28.48 ± 0.50	+ 9.01 ± 0.76
4	26.66	16	38.06		4	22.71	16	29.04	
5	25.61	17	35.28		5	22.28	17	27.82	
6	26.01	18	35.50		6	22.15	18	27.80	
Mittel:	26.09 ± 0.22		36.28 ± 0.71	+ 10.19 ± 0.75		22.38 ± 0.11		28.22 ± 0.28	+ 5.84 ± 0.30
7	29.05	19	38.03		7	21.28	19	31.14	
8	31.20	20	40.38		8	24.13	20	32.93	
9	30.26	21	39.61		9	20.52	21	33.24	
Mittel:	30.17 ± 0.43		39.34 ± 0.46	+ 9.17 ± 0.63		21.98 ± 0.74		32.44 ± 0.44	+ 10.46 ± 0.86
10	26.82	22	36.01		10	18.30	22	35.71	
11	27.81	23	37.36		11	20.60	23	31.94	
12	29.13	24	38.72		12	20.46	24	32.41	
Mittel:	27.92 ± 0.45		37.36 ± 0.55	+ 9.44 ± 0.71		19.79 ± 0.50		33.35 ± 0.80	+ 13.56 ± 0.80
Gesamtittel:				+ 10.28 ± 0.37	Gesamtittel:				+ 9.72 ± 0.38

Die Überlegenheit der Leguminosen-Fruchtfolge in bezug auf den N-Ertrag tritt ausnahmslos unzweideutig zutage. Während des ersten 4jährigen Versuchsabschnittes weichen auch die Mehrerträge der einzelnen Rotationen nicht sehr bedeutend voneinander ab. Die höchste Differenz beläuft sich auf 3.15 ± 1.07 g und findet also noch in der wahrscheinlichen Schwankung eine vollgültige Erklärung. Die betreffenden Ergebnisse der Jahre 1912—1915 stimmen dagegen untereinander leider sehr viel weniger gut überein, denn die höchste Differenz beträgt 7.72 ± 0.99 g. Es muss hierbei als besonders auffallend bezeichnet werden, dass die Erträge der zur Leguminosen-Fruchtfolge gehörigen Parzellen 22—24, und namentlich der ersten von diesen, in der zweiten Periode gegenüber der ersten nur wenig abgenommen haben, während in der Brache-Fruchtfolge das Gleiche, wenn auch in geringerem Grade, von den Parzellen 4—6 gilt. Die erwähnte grosse Abweichung ist auf diesen Umstand zurückzuführen; wie es aber kommt, dass die genannten Parzellen sich so verhalten haben, muss unentschieden bleiben. Ich wenigstens habe mich vergeblich bemüht, aus dem gesamten Versuchsmaterial die eigentliche Ursache fraglicher Tatsache zu ergründen. Gewiss, es finden sich mehrfach Andeutungen, dass einzelne Früchte unter dem Einflusse der verschiedenen Jahreswitterung oder der etwas verschiedenen Stellung innerhalb der Fruchtfolge charakteristische Abweichungen ergeben haben. Als Beispiel sei auf die Haferernte der erwähnten Parzellen 4—6 (vergl. Tabelle 5) hingewiesen, deren N-Gehalt in der zweiten Periode 1912 fast die gleiche gewesen ist wie in dem entsprechenden Jahre 1908 der ersten Periode, während auf den Parzellen 10—12 die allgemeine Tendenz eines mit der Zeit abnehmenden N-Ertrages deutlich in die Erscheinung tritt. Man könnte geneigt sein, dies so zu erklären, dass 1908 überall Senf, 1912 dagegen Brache bzw. Rüben die Vorfrucht gebildet haben. Die günstige Wirkung der Brache auf den nachfolgenden Hafer ist aber gerade in diesem Falle verhältnismässig sehr hoch gewesen, und es müssen deshalb noch besondere Umstände irgend welcher Art dabei eine Rolle gespielt haben. Es scheint mir daher durchaus zulässig zu sein und der ganzen Versuchsanlage am meisten zu entsprechen, wenn auch in der zweiten Periode das Gesamtmittel gebildet und dann demjenigen der ersten Periode gegenüber gestellt wird. Rechnet man diese in

Tabelle 8 bereits angeführten Zahlen entsprechend um, so ergibt sich im Verhältnis zur Brache-Fruchtfolge ein durchschnittlicher Mehrertrag an N in Höhe von 35.5 ± 1.3 bezw. 46.5 ± 1.8 ‰. Der von mir in der genannten Schrift auf Grund der von anderer Seite ausgeführten Versuche eingenommene Standpunkt findet daher eine volle Bestätigung. Von den Rothamsteder Versuchen ist mit dem vorliegenden am besten diejenige Reihe vergleichbar, in der eine N-freie Düngung stattgefunden hatte. Die betreffenden Zahlen in der von mir s. Zt. gewählten Darstellung (l. c. S. 73) lauten:

Tabelle 9.

N-Entnahme pro Hektar im Durchschnitt der Jahre 1852–83
(8 Rotationen).

	Brache kg	Leguminosen kg
Turnips	38.9	37.3
Gerste	26.1	26.3
Leguminosen	—	68.9
Weizen	43.7	40.2
Durchschnittssumme einer Rotation:	108.7	172.7
Desgl. nach Abzug der Leguminosen:	—	103.8

Die Leguminosen-Fruchtfolge hat also hier verhältnismässig noch besser abgeschnitten, denn der Unterschied beträgt fast 58 ‰. Das kann zwei Ursachen haben. Erstens sind in Rothamsted¹⁾ Bohnen mit einem Durchschnittsertrage von 45.3 kg N in 6 Rotationen und Klee mit 139.4 kg N in 2 Rotationen angebaut worden. Im Verhältnis zu den sonstigen Erträgen sind dies sehr hohe Zahlen. Fasst man die in Form von Cerealien und Hackfrüchten gewonnenen N-Mengen zusammen und stellt diesen diejenigen in Form von Leguminosen (vergl. hierzu Tabelle 7) gegenüber, so ergibt sich folgendes:

	Stickstoff		
	Nichtleguminosen	Leguminosen	
Rothamsted	105.8 kg	68.9 kg	= 100 : 66.4
Breslau	49.99 g	19.84 g	= 100 : 39.7

Der Rothamsteder Boden scheint also für den Anbau von Leguminosen besonders geeignet zu sein, oder die Wahl der Schmetterlingsblütler ist vielleicht auch eine zweckmässigere gewesen. In zweiter Linie besteht dann noch die Möglichkeit, dass

¹⁾ Vergl. BILLER, Die Rothamsteder Versuche, S. 160–161.

der Erfolg der Leguminosen-Fruchtfolge im Laufe der Zeit steigt, was sich für Rothamsted aus den Durchschnittszahlen leider nicht ersehen lässt. Hierfür sprechen jedoch die vorliegenden Versuche, bei denen sich eine Steigerung in gedachter Richtung von der ersten zur zweiten Periode in der Höhe von $11.0 \pm 2.2\%$ ergeben hat. Dies liesse sich so deuten, dass mit der Abnahme des Bodenstickstoffs die Wirkung der Knöllchenbakterien stärker in die Erscheinung treten kann. Der besprochene Unterschied zwischen den Rothamsteder und den hiesigen Versuchen ist indessen keinesfalls auf eine etwaige kräftigere Betätigung der freilebenden N-sammelnden Bakterien im Breslauer Versuchsboden zurückzuführen.

Die zuletzt erwähnte Tatsache prägt sich auch in folgenden Betrachtungen aus. Nehmen wir einmal an, dass die N-Mengen der geernteten oberirdischen Leguminosen vollständig der Tätigkeit der Knöllchenbakterien zu verdanken seien und auch nicht zu einem Bruchteile dem Boden entstammen, was allerdings nicht sehr wahrscheinlich ist, was sich aber doch vielleicht insofern rechtfertigen lässt, als ja die Wurzelmassen ihrerseits dem Boden wieder N zuführen. Ein zutreffender Vergleich zwischen der Brache- und Leguminosenfruchtfolge würde dann erst nach Abzug des auf die Leguminosen entfallenden N möglich sein, und ich habe diese Rechnung bereits in Tabelle 9 vorgenommen. Die Rothamsteder Versuche ergeben, dass die Brachefruchtfolge unter dieser Voraussetzung einen um (108.7 — 103.8) 4.9 kg höheren N-Ertrag geliefert hat, der zur Not auf das Konto der freilebenden N-sammelnden Bakterien gesetzt werden könnte. Die gleiche Rechnung an der Hand der Angaben in Tabelle 7 ergibt für vorliegende Versuche in der ersten Periode ein geringes Plus von 0.17 g N, in der zweiten Periode dagegen ein geringes Minus von 0.33 g auf Seiten der Brachefruchtfolge, d. h. mit anderen Worten, die Brache würde, immer unter der gemachten Annahme, überhaupt keinen Erfolg zu verzeichnen gehabt haben und sie hat sich jedenfalls noch weniger als in Rothamsted bewährt.

Ein Punkt, auf den ich schon an anderer Stelle hingewiesen habe, verdient noch eine nähere Beleuchtung. Ich habe aus dem (S. 247) angegebenen Grunde auf den Anbau von Wintergetreide verzichtet, und die Wirkung der Brache könnte hierdurch ungünstig beeinflusst worden sein. Die Rothamsteder Versuche gestatten uns eine Abschätzung dieses etwaigen Fehlers,

denn bei ihnen ist Winterweizen stets der Brache gefolgt. Wir gelangen zu folgender Gegenüberstellung:

	Winterweizen bezw. Hafer nach		Differenz
	Leguminosen	Brache	
Rothamsted	40.2 kg	43.7 kg	+ 3.7 kg = 8.7 %
Breslau (Durchschnitt) .	6.81 g	7.25 g	+ 0.44 g = 6.1 „

Ein Unterschied in der zu erwartenden Richtung ist somit tatsächlich zu verzeichnen, ein Unterschied, der aber sehr gering ist und sicher keine ausschlaggebende Bedeutung besitzt. Übertragen wir einmal die in Rothamsted gefundene etwas bessere Wirkung der Brache (8.7 %) auf die vorliegenden Versuche, so würde der durchschnittliche Mehrertrag der Leguminosenfruchtfolge an N von 10.00 g nur auf 9.85 g sinken. Es handelt sich also um einen völlig bedeutungslosen „Schönheitsfehler“.

„Jeder Landwirt, dessen Felder zur Verbesserung ihrer physikalischen Bodenverhältnisse nicht unbedingt gebracht werden müssen, bei denen sich der angedeutete Zweck also noch auf andere Weise erreichen lässt, wird hiernach unzweifelhaft dem Leguminosenanbau der Brachhaltung gegenüber den Vorzug zu erteilen haben.“ Dieser bereits in der ersten Auflage der erwähnten Schrift (1905) von mir aufgestellte Satz findet demnach eine weitere Begründung. Die Wirkung der freilebenden N-sammelnden Bakterien im Brachlande hat unzweifelhaft eine ganz bedeutende Überschätzung erfahren und kann sich jedenfalls mit derjenigen der Knöllchenbakterien nicht messen. Ob bezw. in welcher Richtung die Brache das N-Kapital des Bodens zu beeinflussen vermocht hat, wird sich natürlich erst nach Abschluss der Versuche mit Hilfe der dann aufzustellenden N-Bilanz entscheiden lassen.

C. Wirkung des Stallmistes.

Der Versuchsplan verlangte die gleichzeitige Düngung der Parzellen mit Stallmist, so dass seine Wirkung auf die drei Früchte im ersten Jahre seiner Anwendung festgestellt werden kann. In dieser Beziehung fällt 1908 sofort auf, dass die Leguminosen (vergl. Tabelle 5) nicht nur keinen Vorteil aus der Stallmistdüngung zu ziehen vermocht haben, sondern sogar einen, allerdings innerhalb der 3fachen wahrscheinlichen Schwankung liegenden, Minderertrag von 2.27 ± 0.91 g N ergeben haben. Die genannte Fruchtart hat sich auch sonst abweichend ver-

halten, was sich am besten aus nachfolgender Zusammenstellung, deren Angaben aus Tabelle 7 resultieren, ersehen lässt.

Tabelle 10.

Durchschnittlicher Mehrertrag der einzelnen Früchte an N bei Stallmistdüngung.

Versuchs- periode	Hafer		Rüben	Erbsen
	a	b		
1908—11	$+ 1.32 \pm 0.11$	$+ 1.31 \pm 0.20$	$+ 1.62 \pm 0.34$	$- 0.38 \pm 0.32$
1912—15	$+ 1.23 \pm 0.14$	$+ 1.23 \pm 0.14$	$+ 2.20 \pm 0.28$	$+ 0.63 \pm 0.16$
Mittel:	$+ 1.27 \pm 0.09$	$+ 1.27 \pm 0.12$	$+ 1.91 \pm 0.22$	$+ 0.12 \pm 0.18$

Es sind also überall sichere Mehrerträge an N erzielt worden, nur bei den Erbsen kann hiervon kaum oder gar nicht die Rede sein. Ich betone dies, abgesehen von der hieraus zu ziehenden bekannten praktischen Schlussfolgerung, deswegen ganz besonders, weil infolgedessen die Wirkung der Stallmistdüngung auf die gesamte Fruchtfolge keinesfalls in einem zu günstigen Lichte erscheint. Ein Bild von dieser selbst gewinnt man durch eine ähnliche Zusammenstellung, wie eine solche hinsichtlich der Wirkung der Brache in Tabelle 8 geboten wurde.

(Siehe die Tabelle 11 auf S. 263.)

Der durch die Stallmistdüngung erzielte Mehrertrag an N hat in der einzelnen Rotation naturgemäss unter der Fehlerhäufung stark zu leiden; die betreffenden Werte liegen innerhalb der 2.3 bis 12.8 fachen und im Mittel der 5.7 fachen wahrscheinlichen Schwankung. Es scheint jedoch, dass man bei derartigen Versuchen auf ähnliche Ergebnisse immer gefasst sein muss. Die Versuche von WAGNER,¹⁾ die ebenfalls je drei Parallelpärzellen umfassen, und bei denen die gleiche Stallmistdüngung in Höhe von 400 dz pro Hektar wie bei den vorliegenden alle 4 Jahre Anwendung gefunden hat, liefern z. B. für die erste Rotation der ersten Versuchsreihe (671) das folgende Bild. Hierbei ist noch zu bemerken, dass ich die Volldüngung ohne N (Nr. 5 der Gruppen A und B) als den hiesigen Versuchen am meisten entsprechend herausgegriffen habe, und dass ich die Berechnung der wahrscheinlichen Schwankungen durch-

¹⁾ Die Wirkung von Stallmist und Handelsdüngern. Arbeiten der D. L.-G. Heft 279, 1915.

Tabelle 11.

1908—1911				1912—1915			
Versuchsreihe II		Versuchsreihe III		Versuchsreihe II		Versuchsreihe III	
Nr. der Parzelle	N g	Nr. der Parzelle	N g	Nr. der Parzelle	N g	Nr. der Parzelle	N g
13	42.87	25	43.68	13	28.47	25	31.66
14	43.04	26	47.02	14	29.76	26	35.69
15	45.69	27	48.66	15	27.20	27	33.53
Mittel:	43.87 ± 0.61		46.42 ± 0.97		28.48 ± 0.50		33.63 ± 0.78
16	38.06	28	39.75	16	29.04	28	33.59
17	35.28	29	38.49	17	27.82	29	35.82
18	35.50	30	39.17	18	27.80	30	34.75
Mittel:	36.28 ± 0.71		39.14 ± 0.24		28.22 ± 0.28		34.72 ± 0.43
19	38.03	31	42.40	19	31.14	31	36.38
20	40.38	32	45.24	20	32.93	32	36.27
21	39.61	33	45.27	21	33.24	33	37.91
Mittel:	39.34 ± 0.46		44.30 ± 0.64		32.44 ± 0.44		36.85 ± 0.34
22	36.01	34	43.82	22	35.71	34	39.38
23	37.36	35	40.88	23	31.94	35	38.82
24	38.72	36	42.65	24	32.41	36	37.21
Mittel:	37.36 ± 0.55		42.45 ± 0.60		33.35 ± 0.80		38.47 ± 0.53
Gesamtmittel:				Gesamtmittel:			
± 3.87 ± 0.44				± 5.12 ± 0.96 ± 5.30 ± 0.38			

geführt habe, soweit dies beim Fehlen von N-Bestimmungen in den Ernteprodukten der einzelnen Parzellen möglich ist.

Pro Hektar N kg	1900 Kartoffeln	1901 Roggen	
		Stroh	Körner
ohne Stallmist	52.1 ± 1.10	15.3 ± 0.58	29.2 ± 1.16
mit Stallmist	61.9 ± 1.98	20.4 ± 1.08	40.5 ± 2.23
Mehrertrag:	9.8 ± 2.27	5.1 ± 1.18	11.3 ± 2.51

Pro Hektar N kg	1902 Futterrüben		1903 Roggen	
	Blätter	Rüben	Stroh	Körner
ohne Stallmist . .	33.1 ± 0.86	47.9 ± 5.67	13.0 ± 0.22	28.4 ± 1.46
mit Stallmist . .	33.6 ± 2.45	55.8 ± 4.93	16.1 ± 0.32	35.5 ± 1.19
Mehrertrag:	0.5 ± 2.60	7.9 ± 7.51	3.1 ± 0.39	7.1 ± 1.88

Der Mehrertrag für diese Rotation beträgt demnach 44.8 ± 8.93 kg N und liegt daher innerhalb der 5.1 fachen wahrscheinlichen Schwankung. Starke Abweichungen zwischen den Ergebnissen der Parallelpzellen finden sich hier und da bei sämtlichen Rotationen der verschiedenen Versuchsreihen, und die Fehlerberechnung, die vollständig auszuführen ich keine Neigung besitze, würde deshalb mutmasslich überall gleichsinnige Verhältnisse aufdecken.

Das Gesagte beweist, wie wichtig es ist, für die Lösung derartiger Fragen, Mittelwerte aus den Ergebnissen mehrerer Rotationen berechnen zu können, für die natürlich die zugehörigen wahrscheinlichen Schwankungen entsprechend sinken. Diese in Tabelle 11 bereits durchgeführte Massnahme ist im vorliegenden Falle selbstverständlich durchaus berechtigt, weil die Abweichungen der einzelnen Rotationen in den zugehörigen wahrscheinlichen Schwankungen eine ausreichende Erklärung finden, was keines näheren Beweises bedarf.

Die Stallmistgabe enthielt im Jahre 1908 13.000, 1912 15.066 g N und die durchschnittliche N-Ausnutzung hat daher 29.8 ± 3.4 bzw. 35.2 ± 2.5 und im Gesamtmittel 32.7 ± 2.1 % betragen. Diese Zahlen liegen etwas höher als diejenigen, die WAGNER neuerdings (Mittel 22 bzw. 26 %) bei den erwähnten Feldversuchen gefunden hat, und die sich in Übereinstimmung mit den Durchschnittsergebnissen anderer Forscher befinden. Man darf aber diesem Unterschied kein entscheidendes Gewicht

beimessen, da die zugehörigen wahrscheinlichen Schwankungen, die für die von anderer Seite durchgeführten Versuche nicht einmal vorliegen, natürlich berücksichtigt werden müssen.

WAGNER betont in der angeführten Arbeit (S. 513) mit Nachdruck, er habe schon im Jahre 1892 in seiner bekannten Schrift „Die Stickstoffdüngung der landwirtschaftlichen Kulturpflanzen“ angegeben, dass „auf je 100 Teile des für die Rotation verwendeten Stallmiststickstoffs nicht mehr als rund 25 Teile in den Erträgen zurückerhalten würden“. Er verwechselt hierbei offenbar „Ausnutzung“ und „Wirkungswert“, denn die Zahl 25 findet sich an genannter Stelle (S. 247 und 250) für Wollstaub und Stallmist im Verhältnis zum Chilesalpeter = 100 gesetzt. Die Ausnutzung des Stallmist-N beträgt (S. 353, 358 und 361) bei jährlich wiederholter Düngung im ersten Jahre 6 bzw. 8 ‰, im zweiten Jahre 7 bzw. 11 ‰ und im dritten Jahre 37 bzw. 34 ‰. Ich habe s. Z. darauf hingewiesen,¹⁾ dass die jährlich wiederholte Düngung zu einer Unterschätzung des Wertes organischer N-Dünger führen muss, weil der Nachwirkung, wenigstens bei der früher von WAGNER bevorzugten Art der Versuchsanstellung, nicht genug Rechnung getragen wird, und ich habe bei dieser Gelegenheit auch erwähnt, dass WAGNER gegen das Ergebnis des 3. Jahres in einem Privatbriefe den Einwand gemacht hatte, die Benutzung von Möhren als Versuchspflanze wäre hier für das Hervortreten der „Nachwirkung“ von besonderer Bedeutung gewesen. WAGNER hat dann allerdings (S. 255) das mittlere Wertverhältnis des Salpeter-N zum Stallmist-N = 100 : 45 eingeschätzt, doch handelt es sich dabei um die Heranziehung von allgemeinen Erwägungen, die zum Teil, z. B. hinsichtlich der „allmählichen Wirkung des organischen Stickstoffs“, auch noch auf seine neueren Versuchsergebnisse Anwendung finden können.

Die Ausnutzung des Stallmist-N hat bei den hiesigen Versuchen, wie wir sahen, in der ersten Periode 29.8 ± 3.4 , in der zweiten 35.2 ± 2.5 ‰ betragen. Der Gedanke, dass sich in diesen Zahlen eine Nachwirkung der ersten Stallmistgabe ausdrücke, liegt nahe, muss aber als zweifelhaft bezeichnet werden. Einerseits erreicht nämlich der sich ergebende Unterschied mit 5.4 ± 4.2 ‰ nur knapp die 1.3fache wahrscheinliche Schwankung,

¹⁾ Landw. Vers.-Stat. Bd. 51, 1899, S. 250 ff.

andererseits muss natürlich mit der Möglichkeit, dass die zweite Stallmistgabe an und für sich etwas besser zur Wirkung gekommen sein kann, sowie auch mit der im Jahre 1914 vorgenommenen Kalkung, gerechnet werden.

Über die Ausnutzung des Stallmist-N im Mittel der in jedem Jahre gleichmässig auf je 3 Parallelpärzellen angebauten Früchte und im Durchschnitt der beiden Perioden (vergl. Tabelle 5) gibt folgende Zusammenstellung Auskunft:

Tabelle 12.

	1. Jahr	2. Jahr	3. Jahr	4. Jahr
Gramm . . .	120 \pm 0.20	1.83 \pm 0.16	1.13 \pm 0.17	0.42 \pm 0.11
Prozent . . .	8.6 \pm 1.4	13.0 \pm 1.1	8.1 \pm 1.2	3.0 \pm 0.8

Die geringere Ausnutzung im ersten Jahre ist wesentlich eine Folge der bereits erwähnten schlechten Wirkung des Stallmistes auf die Leguminosen im Jahre 1908, und es besteht sogar bei Berücksichtigung der wahrscheinlichen Schwankungen noch die Möglichkeit, dass die Überlegenheit des 2. Jahres mit $+0.63 \pm 0.25$ g N nur eine scheinbare ist. Übrigens sei erwähnt, dass bei den WAGNERSchen Versuchen (S. 45) der Stallmist-N durch den Winterroggen im zweiten Jahr eine sehr viel bessere Ausnutzung als durch die Kartoffeln im ersten Jahre gefunden hat. Wir können ferner aus der Tabelle 12 entnehmen, dass die Nachwirkung des Stallmistes im 3. Jahre unzweifelhaft feststeht, während dies im 4. Jahre nur mit sehr grosser Wahrscheinlichkeit angenommen werden kann. Ich glaube sogar, dass eine merkbare Nachwirkung der Stallmistdüngung keineswegs mit dem 4. Jahre erschöpft ist, und bin geneigt, eine wesentliche Stütze hierfür in den Ergebnissen von einigen Versuchen WAGNERS (Heft 247, S. 514) zu erblicken. Diese sind in mit Sand- bzw. Lehm-boden gefüllten, in die Erde eingelassenen Metallzylindern von 60 cm Durchmesser ausgeführt, die im Laufe von 12 Jahren alljährlich mit je 1, bzw. 2, bzw. 3 kg Stallmist gedüngt wurden; die „Nachwirkung“ ist dann schliesslich durch 3jährige Fortsetzung der Versuche ohne Erneuerung der Stallmistdüngung festgestellt worden. Die Ergebnisse sämtlicher 6 Reihen laufen so ziemlich auf das Gleiche hinaus, und es genügt daher, die betreffenden Verhältnisse an einem Beispiel — Sandboden mit 1 kg Stall-

mist —, das für den von mir vertretenen Standpunkt keineswegs besonders günstig liegt, näher ins Auge zu fassen.

	N in 6 kg Stallmist	Mehrertrag an N gegenüber ungedüngt	Ausnutzung des Stallmist- Stickstoffs
	g	g	%
In den ersten 6 Jahren .	27.37	3.737	13.7
In den zweiten 6 Jahren .	27.34	7.583	27.7
Nachwirkung in den letzten 3 Jahren	(27.34)	2.163	7.9

Die durchschnittliche Zusammensetzung des Stallmistes in den beiden 6 jährigen Versuchsabschnitten ist demnach fast genau die gleiche gewesen, und es wäre daher ausserordentlich merkwürdig, wenn der Gehalt an für die Pflanzen zugänglichen N-Verbindungen, ebenfalls im Durchschnitt von je 6 Jahren, sehr bedeutende Unterschiede aufzuweisen gehabt haben sollte. Ist diese Voraussetzung richtig, so würde der beträchtliche Unterschied in der Ausnutzung des N zwischen der ersten und zweiten Periode auf eine Nachwirkung der vorangegangenen Düngung zurückzuführen sein, die eine Höhe von (27.7 — 13.7) 14.0 % erreicht haben könnte. In den letzten 3 Jahren hat sich dann aber nur eine solche von 7.9 % ergeben, und ich folgere hieraus, dass dieselbe durchaus noch nicht zum Abschluss gelangt sein kann, sondern bei einer etwaigen Fortsetzung der Versuche noch deutlich in die Erscheinung treten müsste. Es ist unumwunden zuzugeben, dass vorstehende Beweisführung unter erheblichen Mängeln zu leiden hat, zumal über die angebauten Früchte bisher keinerlei Angaben vorliegen. Die gekennzeichneten Differenzen sind aber derartig augenfällig, dass mir ein Hinweis auf die versuchte Erklärung nicht unzumutbar zu sein scheint. Ich glaube hierzu umso mehr Veranlassung zu haben, weil ich von jeher der langfristigen Nachwirkung des Stallmist-N eine grosse Bedeutung beigemessen habe. Dies ergibt sich ganz besonders aus einer früheren Arbeit,¹⁾ auf deren nähere Ausführungen ich hier einfach verweisen kann. Die von WAGNER (l. c. S. 523) zum Zwecke der Geldwertberechnung des Stallmistes vorgenommene Erhöhung des von

¹⁾ FÜHLINGS Landw. Zeitung Bd. 58, 1909, S 243.

ihm gefundenen durchschnittlichen Wirkungswertes des Stallmist-N (Salpeter-N = 100 gesetzt) von 42 auf 50, wodurch der erwähnten Nachwirkung Rechnung getragen werden soll, schliesst daher meiner Ansicht nach immer noch eine bedeutende Unterschätzung dieses für die Landwirtschaft so wichtigen Düngemittels ein.

Aus den Angaben der Tabelle 7 ergab sich bereits, dass die N-Erträge auf den Stallmistparzellen, wenn auch in einem etwas geringeren Grade, ebenso wie bei den Vergleichsversuchen von der ersten zur zweiten Periode gesunken sind. Wer hieraus etwa die Schlussfolgerung ziehen sollte, dass der Stallmist, im Gegensatz zu dem von mir schon häufig vertretenen Standpunkte, nicht in der Lage sei, vollen Ersatz für die dem Bodenkapital durch die Pflanzen entnommenen N-Mengen zu bieten, würde sich auf einen Irrweg begeben. Der sehr N-reiche Rosenthaler Boden hat im Laufe der ersten 4 Jahre Ernten mit einem N-Gehalte von 28.94 g (Versuchsreihe I) bzw. 28.77 g (Versuchsreihe II bei Ausschluss der Leguminosen) zu erzeugen vermocht. Bei Versuchsreihe III können aber in Form der durch die oberirdische Pflanzenmasse nicht nachgewiesenen N-Mengen der Stallmistdüngung, wobei die Leguminosen ebenfalls ausgeschlossen sind, nur (13.00 — 4.25) 8.75 g dem Bodenkapital für den geleisteten Aufwand gutgeschrieben werden. Sieht man also von allen übrigen N-Einnahmen und -ausgaben, die nach Ausschaltung der Leguminosen überall ziemlich gleich gewesen sein dürften, ab, so zeigt es sich, dass die Stallmistgabe viel zu gering gewesen ist, um genügende Deckung für den verbrauchten Bruchteil des N-Kapitals im Boden zu hinterlassen. Endlich ist noch zu beachten, dass die geringeren N-Erträge in der zweiten Periode sicherlich auch mit einem rascheren Verbräuche der besonders leichtlöslichen N-Verbindungen des Bodens in der ersten Periode, sowie wahrscheinlich mit Witterungsunterschieden in Zusammenhang stehen. Diese und ähnliche Fragen sollen aber erst frühestens nach Ablauf der nächsten 4 Jahre, wenn mit Hilfe der erforderlichen N-Bestimmungen wohlbe gründete Berechnungen über den N-Haushalt des Bodens aufgestellt werden können, einer näheren Erörterung unterzogen werden.

Breslau, im April 1916.

Ausnutzungsversuche mit Wollsaatmehl, Pansenmischfutter, Rosskastanienabfall, Knochen- futtermehl, Eiweissparfutter, Baderschem Fleisch- mehl, entgerbten Lederabfällen und Hornmehl.

Fütterungsversuche, ausgeführt in den Jahren 1915 und 1916 an der
Königl. Württembergischen Landw. Versuchsstation Hohenheim.

Von

A. MORGEN (Ref.), C. BEGER, H. WAGNER,
H. v. BEEREN und ELSA OHLMER, unter Mitwirkung von
J. MICHALOWSKI.¹⁾

Allgemeines.

Im Jahre 1915/16 hatten wir Veranlassung, mit den oben
genannten Futtermitteln Ausnutzungsversuche auszuführen. Es
handelte sich um Fabrikate, wie sie in der jetzigen Zeit als
Ersatz für bekannte Futtermittel hergestellt werden.

Bevor wir zur Besprechung der einzelnen Futtermittel über-
gehen, wollen wir, um Wiederholungen zu vermeiden, einige
allgemeine Bemerkungen vorausschicken.

Die Versuche wurden mit Hammeln ausgeführt, welche das
betreffende Futter neben Versuchsheu erhielten. Das Versuchs-
heu hatte folgende Zusammensetzung:

In Prozenten der Trockensubstanz		
Rohprotein	13.13	(2.10 % N)
davon Reineiweiss	11.56	(1.85 " ")
Fett	3.89	
Rohfaser	26.39	
N-freie Extraktstoffe	47.59	
Asche	9.00	
Organische Substanz	91.00	

Verdaulichkeit nach STUTZER:

Rohprotein = 72.4

Reineiweiss = 68.6

¹⁾ Herrn Dr. MICHALOWSKI sprechen wir für die uns durch Ausführung
der mikroskopischen Untersuchungen erwiesene freundliche Unterstützung
unseren herzlichsten Dank aus.

Über die Verdaulichkeit des Versuchsheues, Kotproduktion usw. geben die Tabellen A0, B α , β , C0 im Anhang Aufschluss.

Jeder Versuch dauerte mindestens 10 Tage, oft auch länger, während welcher Zeit täglich der Kot gesammelt wurde. Dem Versuch ging eine Vorfütterung voraus, die mindestens 14 Tage dauerte und in der die Tiere dasselbe Futter wie in der Periode erhielten, nachdem sie vorher allmählich an das Futter gewöhnt worden waren.

Der täglich gewonnene Kot wurde auf einer Fleischhackmaschine zerkleinert und mit Chloroform konserviert. Aus aliquoten Teilen dieser konservierten Tagesproben wurde am Schluss des Versuches eine Mischprobe hergestellt; ein Teil derselben diente zur Bestimmung des Stickstoffs und der Verdaulichkeit nach STUTZER, die also in dem frischen, nicht getrockneten Kot ausgeführt wurde; ein anderer Teil der Mischprobe wurde unter Zusatz von HCl getrocknet und in der lufttrocknen Substanz die Gesamtanalyse gemacht.

Über Menge und Zusammensetzung des frischen und lufttrockenen Mischkotes, sowie über die tägliche Kotproduktion und die Veränderungen des Lebendgewichts während der Fütterungsperiode enthalten die Tabellen im Anhang alle Angaben; auch die Berechnung der Verdaulichkeit aus der Zusammensetzung des Futters und Kotes ist in Tabellen des Anhangs niedergelegt, so dass wir im Text nur die zur Besprechung erforderlichen, diesen Tabellen entnommenen Zahlen verwenden werden.

Die Verdaulichkeit der stickstoffhaltigen Stoffe haben wir wieder aus dem in Pepsinsalzsäure unlöslichen Stickstoff des Kotes bestimmt, geben aber zum Vergleich mit bekannten Futtermitteln auch die aus dem Gesamtstickstoff des Kotes berechneten Werte in Klammer an. Ebenso werden wir beim Stärkewert verfahren, wo also die eingeklammerten Zahlen diejenigen Werte darstellen, bei deren Berechnung das verdauliche Reineiweiss aus dem Gesamtstickstoff ermittelt wurde.

I. Wollsaatmehl.

(Tabellen AI, B β I, CI, DI im Anhang.)

Im Jahr 1915 erhielten wir von der Ruhrorter Ölfabrik ein als Wollsaatmehl bezeichnetes Futtermittel zur Untersuchung. Sowohl die Analyse wie der Ausnutzungsversuch ergaben Zahlen, die gut übereinstimmten mit den Werten, die KELLNER in seinen

Tabellen für Kapokmehl aufführt. Von einer Veröffentlichung dieser Versuche haben wir auf Wunsch der Fabrik Abstand genommen, da dieselbe ein wertvolleres Fabrikat herzustellen beabsichtigte. Von diesem neuen Fabrikat erhielten wir im Frühjahr dieses Jahres zwei Sendungen, die, wie die äussere Beschaffenheit und die Untersuchung zeigten, fast vollständig gleich waren, die wir aber, da sie zu verschiedenen Zeiten eintrafen, jede für sich untersucht haben, und die wir im folgenden mit Nummer 1 und 2 bezeichnen werden. Sie stellten ein feines, hellbraunes Mehl von angenehmem Geruch dar. Die Analyse ergab folgenden Gehalt:

	Nummer 1	Nummer 2	Mittel
	%	%	%
Wasser	10.39	10.86	10.62
Rohprotein	40.88	42.82	41.85
davon Reineiweiss	39.32	41.00	40.16
Fett	8.34	7.66	8.00
Rohfaser	18.47	16.31	17.39
N-freie Extraktstoffe	13.80	14.53	14.17
Asche	8.12	7.82	7.97
Organische Substanz	81.49	81.32	81.41
Verdaulichkeit nach STUTZER:			
Rohprotein	90.1	90.4	90.25
Reineiweiss	89.7	89.9	89.80

Da die Unterschiede in der Zusammensetzung der beiden Sendungen, die offenbar von einunddemselben Posten stammen, so unbedeutend sind, werden wir bei der Besprechung sowohl für den Gehalt wie für die Verdaulichkeit die Mittelwerte aus beiden Sendungen benutzen.

Zu den Ausnutzungsversuchen verwendeten wir 4 Hammel, Nummer 1, 7, 12 und 14, mit denen jedoch 6 Versuche ausgeführt wurden. Das Normalfutter war auf 500 g Versuchsheu und 500 g Wollsaatmehl festgesetzt. Die Tiere 12 und 14, welche das Mehl Nr. 1 erhielten, verzehrten diese Ration ohne Reste, ebenso Hammel Nr. 7 das Mehl Nr. 2. Dagegen liess Hammel 1, der auch Mehl Nr. 2 erhielt, sehr bald Reste, so dass dadurch die Ration auf 400 g Heu und 400 g Wollsaatmehl ermässigt wurde. Aber auch diese kleinere Ration nahm das Tier nur während 5 Versuchstagen, abgesehen von der Vorfütterung auf, so dass der Versuch abgebrochen und die Ration weiter auf 250 g Heu und 250 g Wollsaatmehl herabgesetzt werden musste. Diese kleine Ration wurde ohne Rest verzehrt, und auch dieser

Versuch verlief nun, ebenso wie alle anderen, ohne jede Störung. Da es aber nicht ausgeschlossen war, dass das Tier Nr. 1 mit den verminderten Rationen andere Werte liefern würde, so stellten wir für die Untersuchung des Mehls 2 noch ein weiteres Tier ein, und zwar den schon für die Untersuchung von Mehl 1 verwendeten Hammel 12, der 500 g Heu und 500 g Wollsaatmehl erhielt. Auf diese Weise betrug die Zahl der mit den 4 Tieren ausgeführten Einzelversuche 6.

Die Tiere nahmen das Futter gern auf; Störungen im Befinden der Tiere konnten nicht beobachtet werden. Wir haben hierauf besonders geachtet, da sich bei dem aus dem gleichen Material hergestellten Kapokmehl Angaben in der Literatur finden, wonach dasselbe sich mitunter als nicht gut bekömmlich gezeigt haben soll. Das für unsere Versuche verwendete Fabrikat hat sich also in dieser Beziehung anders verhalten, denn obgleich die Tiere 5 bis 7 Wochen, der Hammel 12 sogar etwa 9 Wochen im Versuch waren, konnten wir, wie gesagt, Störungen im Befinden der Tiere nicht feststellen. Zur Prüfung dieser Frage haben wir auch noch ein Kaninchen etwa 3 Monate hindurch mit Heu und Wollsaatmehl gefüttert und zwar in den letzten Wochen mit 30 g pro Tag, das sind, da das Tier rund 3 kg wog, 10 kg pro 1000 kg Lebendgewicht. Das Befinden auch dieses Tieres war bis zuletzt ein ausgezeichnetes.

Die bei den 6 Versuchen erhaltenen Verdauungskoeffizienten zeigen für die Hauptnährstoffe, Protein und Fett, eine befriedigende Übereinstimmung, dagegen wurden bei den stickstofffreien Stoffen und der Rohfaser in den verminderten Rationen mit Tier 1 stark abweichende Zahlen erhalten, so dass es wohl berechtigt ist, diese bei Ziehung des Mittels auszuschalten, da dieser Versuch doch nicht als ganz normal anzusprechen ist. Dagegen haben wir uns zu einer Ausschaltung der für die Rohfaser mit den Tieren 12 und 7 bei Mehl 2 erhaltenen abweichenden Zahlen nicht entschliessen können, da bei diesen Versuchen kein Grund vorlag, eine Störung anzunehmen. Übrigens spielt die Rohfaser als Nährstoff für die Bewertung des Wollsaatmehls keine Rolle.

Unter Benutzung der mittleren Verdauungskoeffizienten und des mittleren Gehalts an Rohnährstoffen berechnet sich der Gehalt an verdaulichen Nährstoffen wie folgt:

	Roh- nährstoffe	Verdanungs- koeffizienten	Verdauliche Nährstoffe
Wasser	10.62 %	—	—
Rohprotein	41.85 "	90.7 (88.0)	37.96 % (36.83 %)
davon Reineiweiss	40.16 "	90.3 (88.2)	36.26 " (35.42 ")
Fett	8.00 "	93.9	7.51 "
Rohfaser	17.39 "	22.9	3.98 "
N-freie Extraktstoffe	14.17 "	46.9	6.65 "
Asche	7.97 "	—	—
Organische Substanz	81.41 "	64.7	52.68 "
Stärkewert	—	—	56.5 " (55.8)

Es bleibt noch die Frage der Wertigkeit zum Zweck der Berechnung des Stärkewerts zu erörtern. Mit dem Kapokkuchen kann man unser Wollsaatmehl nicht vergleichen, da es sich von diesem durch einen fast doppelt so hohen Gehalt an verdaulichem Reineiweiss und einen um etwa 10 % niedrigeren Gehalt an Rohfaser sehr vorteilhaft unterscheidet, also auch eine höhere Wertigkeit als 82, welche für Kapokkuchen angegeben wird, besitzt. Dagegen könnte man zum Vergleich das aus entschälten Samen hergestellte Baumwollsaatmehl heranziehen, das etwa den gleichen Gehalt an verdaulichem Eiweiss, aber einen bedeutend niedrigeren an Rohfaser besitzt und dessen Wertigkeit von 97 daher zu hoch gegriffen sein würde. Wir glauben aber der Wahrheit nahe zu kommen, wenn wir für das Wollsaatmehl, wie es uns vorlag, eine Wertigkeit von 90 annehmen, und haben daher diese Zahl für die Berechnung des Stärkewerts zugrunde gelegt.

Auf Grund unserer Versuche und Beobachtungen kann man dieses Wollsaatmehl als ein für die Zufuhr von Eiweiss recht gut geeignetes Futtermittel bezeichnen und, falls es zu einem angemessenen Preise geliefert werden kann, auch empfehlen. Wenn man, wie es bei jedem neuen und hochkonzentrierten Futtermittel geboten ist, bei der Fütterung die nötige Vorsicht beobachtet, die Tiere allmählich an das neue Futter gewöhnt und nicht zu grosse Mengen verfüttert, was sich ja schon durch den hohen Gehalt verbietet, so wird man auch hinsichtlich der Bekömmlichkeit nichts zu befürchten haben. Nur an Jungvieh wird man es, wie auch andere hochkonzentrierte Futtermittel, besser nicht verfüttern.

II. Pansenmischfutter.

(Tabellen AII, B β II, CII, DII im Anhang.)

Auf Veranlassung des „Kriegsausschusses für Ersatzfutter“ wurden uns zwei Sorten dieses Futters von der Zuckerfabrik Calbe a. S., die dasselbe herstellt, übersandt. Dem Äusseren nach waren beide Sorten sehr ähnlich; sie stellten eine grünbraune, nicht gerade unangenehm riechende Masse dar, die in der Hauptsache aus getrocknetem Panseninhalt und Melasse mit noch einigen anderen Zusätzen besteht. Die Untersuchung ergab folgende Zusammensetzung:

	Nummer 1	Nummer 2	V.-C. nach STURZER	
	%	%	1	2
Wasser	19.79	23.22		
Rohprotein	14.50	13.12	74.1	75.7
davon Reineiweiss	9.50	7.44	60.5	57.1
Fett	2.90	2.34		
Rohfaser	12.81	12.71		
Stickstofffreie Extraktstoffe	40.18	38.97		
Asche	9.82	9.64		
Organische Substanz	70.39	67.14		

Beide Sorten sind also auch im Gehalt sehr ähnlich. Auffallend ist der hohe Gehalt an Wasser, der eine schlechte Haltbarkeit befürchten liess. Dies traf jedoch bei der Aufbewahrung an einem trockenen, luftigen Ort nicht zu; das Futter hielt sich bis zuletzt, also während mehrerer Monate, unverdorben, dagegen zeigten die in Gläsern aufbewahrten Proben bald starke Schimmelbildung. Die gute Haltbarkeit ist wohl auf den nicht unbedeutenden Gehalt an Melasse zurückzuführen. Immerhin dürfte es sich empfehlen, den Wassergehalt auf mindestens 20 % herabzudrücken.

Zu den Versuchen dienten die Hammel Nummer 11 und 13, welche das Futter Nr. 1 erhielten, während Nr. 2 an die Tiere Nr. 14 und 15 verfüttert wurde. Jedes Tier erhielt pro Tag 500 g Pansenmischfutter neben 500 g Versuchsheu. Das Futter wurde von den Tieren sogleich gern aufgenommen und ohne Reste verzehrt. Störungen irgendwelcher Art traten nicht ein. Dagegen verdaute Hammel Nr. 11 sämtliche Nährstoffe schlechter als Nr. 13. Da die mit Tier Nr. 13 bei Futter 1 erhaltenen Werte gut übereinstimmen mit den bei Futter 2 mit beiden Tieren Nr. 14 und 15 erhaltenen, und die beiden Futtermittel

einander sehr ähnlich sind, könnte man schliessen, dass die bei Tier Nr. 11 erhaltenen Zahlen zu niedrig sind. Da aber andererseits der Versuch auch bei diesem Tier, das übrigens bei Versuchen mit Wiesenheu mit den bei anderen Tieren erhaltenen übereinstimmende Zahlen geliefert hatte, ohne jede Störung verlief, so würden wir eine Ausschaltung dieses Tieres nicht für gerechtfertigt halten. Wir werden daher für die Berechnung der Verdaulichkeit auch bei dem Futter 1 das Mittel aus beiden Versuchen benutzen. Übrigens ist für die Bewertung der Unterschied zwischen dem Mittel und den Werten von Tier Nr. 13 belanglos.

Unter Benutzung der mittleren, der Tabelle DII im Anhang entnommenen Verdauungskoeffizienten berechnet sich für die beiden Futtermittel folgender Gehalt an Nährstoffen:

	Roh-nährstoffe		Verdauungs-koeffizienten		Verdauliche Nährstoffe	
	Nr. 1	Nr. 2	Nr. 1	Nr. 2	Nr. 1	Nr. 2
	%	%			%	%
Wasser	19.79	23.22	—	—	—	—
Rohprotein	14.50	13.12	80.9 (59.6)	84.8 (69.5)	11.7 (8.6)	11.1 (9.1)
davon Reineiweiss	9.50	7.44	70.8 (47.4)	73.0 (58.2)	6.7 (4.5)	5.4 (4.3)
Fett	2.90	2.34	81.8	89.5	2.4	2.1
Rohfaser	12.81	12.71	25.2 ¹⁾	22.8	3.2	2.9
N-freie Extraktst. .	40.18	38.97 ²⁾	66.1	75.1	26.6	29.3
Asche	9.82	9.64	—	—	—	—
Organ. Substanz . .	70.39	67.14	55.8	64.9	39.3	43.6
Stärkewert	—	—	—	—	32.3(30.7)	32.7(31.9)

Wie diese Zahlen zeigen, ist auch der Gehalt an verdaulichen Nährstoffen bei beiden Futtermitteln sehr ähnlich; sie enthalten nur mässige Mengen an verdaulichem Eiweiss und Fett, so dass ihr Wert hauptsächlich auf dem Gehalt an stickstofffreien Stoffen beruht. Will man das Pansenmischfutter mit einem bekannten Futtermittel vergleichen, so dürfte hierfür die grobe Weizenkleie in erster Linie in Betracht kommen; dieselbe ist zwar reicher an Nährstoffen, sowohl Eiweiss wie stickstofffreien Stoffen, und hat dementsprechend einen um rund 10 höheren Stärkewert, ist aber im Gehalt an Rohnährstoffen, besonders auch an Rohfaser, dem Pansenfutter ähnlich, so dass

¹⁾ Nur von Hammel Nr. 13.

²⁾ Davon waren 25.77 % in Nr. 1 und 27.50 % in Nr. 2 Zucker, berechnet als Rohrzucker.

es uns berechtigt erscheint, für das Pansenfutter die gleiche Wertigkeit wie für die Kleie anzunehmen; wir haben daher für die Berechnung des Stärkewerts die Wertigkeit von 77 zugrunde gelegt.

Da das Pansenfutter von unseren Tieren gern aufgenommen wurde, auch seine Bekömmlichkeit, soweit unsere Erfahrung reicht, eine gute war, so verdient das Futter für die Zufuhr von stickstofffreien Stoffen, besonders in jetziger Zeit, alle Beachtung, vorausgesetzt, dass es zu einem angemessenen Preise geliefert werden kann und in seiner Zusammensetzung nur innerhalb zulässiger Grenzen schwankt.

III. Rosskastanienabfall.

(Tabellen AIII, B β III, CIII, DIII im Anhang.)

Dieses Material wurde uns von der Firma W. H. UHLAND in Leipzig-Gohlis geliefert. Nach den uns gemachten Mitteilungen wird dasselbe als Nebenprodukt erhalten bei der Gewinnung von Stärke aus Rosskastanien nach einem von Dr. RUD. GIESSLER, Kustos am botanischen Institut der Universität Leipzig, erfundenen, von Dipl.-Ing. W. RITTER weiter praktisch bearbeiteten Verfahren.

Der Abfall stellt ein graubraunes Pulver dar von schwachem, nicht unangenehmem Geruch und etwas nussartigem, nicht bitterem Geschmack, welches nach der mikroskopischen Untersuchung neben kleinen Mengen zufälliger Verunreinigungen nur Bestandteile der Rosskastanie enthielt. Die Zusammensetzung war folgende:

Wasser	10.96 %	N-freie Extraktstoffe .	62.70 %
Rohprotein	5.81 "	Asche	1.44 "
Fett	3.71 "	Organ. Substanz . . .	87.60 "
Rohfaser	15.38 "		

Der Gehalt an Reineiweiss war demjenigen an Rohprotein gleich, stickstoffhaltige Stoffe nichteiweissartiger Natur waren also in dem Futtermittel nicht vorhanden. Die Bestimmung der Verdaulichkeit nach STUTZER ergab 25.8 %.

Unter Benutzung der mittleren Verdauungskoeffizienten, die wir der Tabelle DIII im Anhang entnehmen, ergibt sich für das Futtermittel folgender Gehalt an Nährstoffen:

	Roh- nährstoffe %	Verdaunungs- koeffizienten	Verdauliche Nährstoffe %
Wasser	10.96	—	—
Rohprotein	5.81	0	0
Fett	3.71	62.7	2.33
Rohfaser	15.38	14.1	2.17
N-freie Extraktstoffe	62.70	61.7	38.69
Asche	1.44	—	—
Organische Substanz	87.60	47.8	41.87
Stärkewert	—	—	42.0

Der Wert des Futters besteht ausschliesslich in seinem Gehalt an stickstofffreien Stoffen einschliesslich der kleinen Mengen Fett und Rohfaser, da das Protein sich als unverdaulich erwies und selbst unter Berücksichtigung der geringen Verdaulichkeit, wie sie nach STUTZER gefunden wurde, nicht in Betracht kommen würde. Will man das Futter mit anderen Futtermitteln vergleichen, so würden zunächst getrocknete, ungeschälte Rosskastanien¹⁾ in Betracht kommen, von denen sich unser Abfall durch einen geringeren Gehalt an verdaulichen stickstofffreien Stoffen und höheren Gehalt an Rohfaser unterscheidet, ferner durch das gänzliche Fehlen an verdaulichem Protein. Diese Unterschiede finden ihre Erklärung in der Art der Gewinnung des Abfalles, denn wenn aus den Rosskastanien Stärke gewonnen wird, so muss natürlich ein Produkt verbleiben, das ärmer an verdaulichen N-freien Stoffen und reicher an Rohfaser sein muss. Ähnlich in der Zusammensetzung mit unserem Abfall sind auch gedörrte ungeschälte Eicheln, bei denen auch der Gehalt an Rohfaser demjenigen der Kastanienabfälle nahe kommt, nur dass die Eicheln noch 3.8 % verdauliches Eiweiss enthalten. Immerhin dürften die Eicheln für eine Bewertung des Kastanienabfalls am meisten in Frage kommen, besonders auch hinsichtlich der Wertigkeit, die man wegen des höheren Rohfasergehalts des Kastanienabfalls jedoch etwas niedriger, also etwa auf 90 veranschlagen wird. Unter dieser Annahme würde sich für den Rosskastanienabfall ein Stärkewert von 42 berechnen.

Die zu den Versuchen verwendeten Hammel Nr. 7 und 14 erhielten pro Tag und Tier 500 g Rosskastanienabfallmehl und 500 g Versuchsheu; sie nahmen das Futter gern und ohne Reste

¹⁾ Vergl. auch HANSEN, Fütterungsversuch mit Kastanienflocken. Illustr. landw. Zeitung 1914, Nr. 42 und 43.

auf. Irgend welche Störungen konnten nicht beobachtet werden, der Gesundheitszustand der Tiere war ein befriedigender, das Futter erwies sich also als gut bekömmlich.

Auf Grund unserer Beobachtungen wird man den Rosskastanienabfall zur Zufuhr von stickstofffreien Stoffen empfehlen können, um so mehr, als nach den uns gemachten Angaben derselbe zu sehr billigem Preise abgegeben werden könnte, da er eben nur ein Nebenprodukt ist, das bei der Verarbeitung der Rosskastanien auf Stärke und noch andere Stoffe (Saponine) verbleibt. Ob der Abfall in grösseren Mengen gewonnen wird, ist uns nicht bekannt.

IV. Knochenfuttermehl.

(Tabellen A IV, B β IV, C IV, D IV im Anhang.)

Dieses sogenannte Knochenfuttermehl wurde uns auf Veranlassung des „Kriegsausschusses für Ersatzfutter“ geliefert. Nach Angabe der Fabrik soll durch die Art der Herstellung der Wert der stickstoffhaltigen Stoffe erhöht sein. Die Analyse ergab folgenden Gehalt:

Trockensubstanz	97.0 %	
Rohprotein	24.7 „ ¹⁾	V.-C. nach STUTZER = 97.7
Fett	3.2 „	
Mineralstoffe	63.8 „	davon 54.9 % Tricalciumphosphat
Organische Substanz	33.2 „	

Wir haben mit diesem Fabrikat an 5 Tieren drei Reihen von Ausnutzungsversuchen ausgeführt, in denen wir verschiedene Mengen des Futters verabfolgten. In der einen Reihe wurden 100 g Knochenfutter und 1000 g Versuchsheu verfüttert, die zweite Reihe erhielt 150 g Knochenfutter und 1000 g Heu, die dritte 300 g Knochenfutter und 700 g Heu. Die Veranlassung hierzu war der hohe Gehalt an Mineralstoffen. Wenn man die Ausnutzung eines Futtermittels feststellen will, welches man neben Heu verfüttert, so fällt das Resultat bekanntlich um so genauer aus, je grössere Mengen man von dem zu prüfenden Futtermittel verwenden kann, indem dann die unvermeidlichen, durch die Beifütterung des Heues entstehenden Fehler sich entsprechend verkleinern. Die Verfütterung grösserer Mengen des Knochenfutters war in diesem Falle durch den hohen Gehalt an Mineral-

¹⁾ Gesamt-N = 4.4 mal Leimfaktor 5.61.

stoffen bedenklich; wir fingen mit 300 g an, gingen dann aber in den anderen Reihen bis 100 g herunter.

Für die Bewertung des Futters kommen neben den geringen Mengen an Fett, das, wie gleich bemerkt werden mag, sich als vollständig verdaulich erwies, nur die stickstoffhaltigen Stoffe in Betracht. Die Zahlen, welche wir hier erhielten, sind nicht ohne Interesse; wir teilen in der folgenden Zusammenstellung die Verdauungskoeffizienten für das Rohprotein, berechnet aus dem Gesamtstickstoff und aus dem pepsinunlöslichen Stickstoff des Kotes, mit und fügen auch die für die organische Substanz erhaltenen Koeffizienten bei:

Futter	Tier	V.-C. des Rohproteins		V.-C. der organ. Substanz
		aus Gesamt-N	aus pepsinunl. N	
Reihe I.				
100 g	11	(54.5)	97.7	44.0
" "	12	97.7	100.0	57.8
" "	14	97.7	97.7	65.7
Mittel:		97.7	98.5	55.8
Reihe II.				
150 g	11	74.2	92.4	6.2
" "	12	71.2	87.9	—
" "	14	66.7	93.9	14.5
Mittel:		70.7	91.4	—
Reihe III.				
300 g	10	44.7	93.2	20.5
" "	15	41.7	93.2	16.6
Mittel:		43.2	93.2	18.6

Betrachten wir zunächst die Koeffizienten für das Rohprotein und schalten wir die erste Zahl 54.5, die offenbar nicht richtig sein kann, aus, so zeigen alle Versuche in guter Übereinstimmung, wie die Verdaulichkeit mit der steigenden Futtermenge sinkt. Ganz besonders deutlich tritt dies bei den aus dem Gesamtstickstoff berechneten Werten hervor, viel weniger bei den aus dem pepsinunlöslichen ermittelten. Dementsprechend wächst die Differenz zwischen den auf beide Art berechneten V.-C. auch mit der Vermehrung des Futters; sie beträgt, wenn wir für Reihe I mit 100 g das unter Ausschaltung von Tier 11 berechnete Mittel mit 97.7 benutzen, in dieser Reihe nur 0.8, dagegen bei 150 g Futter schon 20.7 und bei 300 g Futter 50.0.

Diese Zahlen besagen nun nichts anderes, als dass die Menge der in Pepsinsalzsäure löslichen Stoffwechselprodukte durch die Erhöhung der Knochenmehlmenge bedeutend gesteigert worden ist, und wir glauben nicht fehl zu gehen, wenn wir diese Wirkung den Mineralstoffen zuschreiben. In der Reihe I, wo die Menge dieser Stoffe noch eine mässige war, ist diese Wirkung nicht hervorgetreten; die auf beide Arten berechneten Koeffizienten zeigen hier, wie wir dies bei unseren früheren, sehr zahlreichen Versuchen bei proteinreichen Futtermitteln so oft beobachtet haben, fast völlige Übereinstimmung. Dementsprechend ist hier die Menge des Stoffwechselstickstoffs, d. h. des pepsinlöslichen, nur sehr gering. In der Reihe II macht sich die durch Reizung zur Absonderung grösserer Mengen von Stoffwechselprodukten hervorgerufene depremierende Wirkung der Mineralstoffe auf die Verdaulichkeit schon sehr deutlich bemerkbar durch die Differenz von 20.7, welcher im Mittel der 3 Tiere 1.4 g Stoffwechselstickstoff entsprechen; in Reihe III beträgt die Menge desselben 6.6 g, entsprechend der grossen Differenz von 50.0.

Diese Betrachtungen geben uns nun auch Aufschluss über die merkwürdigen Zahlen, welche die Verdauungskoeffizienten für die organische Substanz zeigen. Die Übereinstimmung zwischen den einzelnen Tieren lässt hier zwar zu wünschen übrig, aber trotzdem tritt auch hier unverkennbar ein starkes Sinken mit steigendem Futter hervor. Dies ist ganz erklärlich und wieder die Folge der Vermehrung der Stoffwechselprodukte, die, als zum grössten Teil aus organischen Stoffen bestehend, die Koeffizienten der organischen Substanz ebenso wie die des Rohproteins beeinflussen müssen, worauf wir schon an einer anderen Stelle¹⁾ hingewiesen haben.

Eine nähere Untersuchung der stickstoffhaltigen Substanz dieses Futters, die natürlich im wesentlichen aus Kollagen resp. Leim bestehen muss, haben wir nicht ausgeführt, da dies von keinem Interesse war, denn als Zufuhr für Protein kann ja das Knochenfutter überhaupt nicht in Frage kommen wegen seines hohen Gehalts an Mineralstoffen. Nehmen wir die kleinste, von uns verfütterte Menge von 100 g pro Tier von rund 50 kg Lebendgewicht, so werden damit schon rund 64 g Mineralstoffe zugeführt, also pro 1000 kg 1.28 kg; in der Reihe II wären es

¹⁾ Landw. Versuchs-Stationen Bd. 88, S. 283.

schon 1.91 und in Reihe III sogar 3.83 kg. Schon 100 g des Knochenfutters, an ein Tier von 100 kg Lebendgewicht verfüttert, würden eine reichliche Mineralstoffgabe sein, wie man sie sonst wohl kaum geben wird, mit dieser Menge würden dem Tier aber nur 23.3 g verdauliches Rohprotein zugeführt werden, also eine praktisch nicht in Betracht kommende Menge. Es kann daher dies sogenannte Knochenfutter nur, wie jedes andere Knochenmehl, in kleinen Mengen als Beifutter, besonders für Schweine oder Geflügel, verwendet werden, da die Verfütterung grösserer Mengen infolge des hohen Mineralstoffgehalts für die Gesundheit der Tiere von grossem Nachteil sein könnte.

V. Eiweissparfutter.

(Tabellen A V, B β V, C V, D V.)

Seit etwa einem Jahr sind verschiedene Fabrikate, die aus tierischen Stoffen oder Abfällen hergestellt werden, als Ersatz für Eiweiss auf den Markt gekommen. Die meisten derselben werden wohl aus Knochen oder Hautabfällen (sogen. Leimleder) gewonnen. Zu diesen gehört auch das Eiweissparfutter, welches wir zu unseren Versuchen verwendeten. Es stellt ein gelbes, gröberes Pulver dar, dessen Körnchen stark glänzen, besitzt starken Leimgeruch und besteht nach der mikroskopischen Untersuchung in der Hauptsache aus Leim mit etwas Knochenschrot und ein wenig Horn. Die Analyse ergab folgenden Gehalt:

Wasser	12.12 %
Rohprotein	77.80 "
Fett	0.31 "
Asche	8.65 "

Das Rohprotein besitzt nach STUTZER eine Verdaulichkeit von 92.7 %. Über die Beschaffenheit dieser stickstoffhaltigen Substanz, die ja in der Hauptsache aus Leim oder Kollagen besteht, haben wir noch weitere Untersuchungen angestellt. Eine scharfe Trennung von Leim und Eiweiss ist bekanntlich mit Schwierigkeiten verbunden; die Fällung mit Kupferhydroxyd ist hier nicht anwendbar, worauf wir schon früher¹⁾ hingewiesen haben. Gute Anhaltspunkte für die Beurteilung erhält man aber in gewissen Fällen schon durch Auskochen der Substanz

¹⁾ Landw. Versuchs-Stationen Bd. 88, S. 278.

mit Wasser, wenigstens dann, wenn neben Leim keine löslichen, durch Kochen nicht koagulierbaren Proteinstoffe vorhanden sind. In diesem Falle kann der in Wasser lösliche Stickstoff nur von Leim oder in diesen durch das Kochen umgewandeltem Kollagen herrühren, vorausgesetzt, dass nicht noch andere Stickstoffverbindungen nichteiweissartiger Natur vorhanden sind, von denen sich aber der Leim durch Fällung mit Tannin leicht trennen lässt.

Wir verfahren in folgender Weise: 3 g Substanz werden mit etwa 200 ccm Wasser im Viertelliterkolben mit aufgesetztem Steigrohr 3 Stunden gekocht, nach dem Erkalten zur Marke aufgefüllt und filtriert. In einem aliquoten Teil des Filtrats wird der Stickstoff nach KJELDAHL bestimmt; weitere 100 ccm des Filtrates werden in einem Viertelliterkolben mit 40 ccm Tanninlösung gefällt, zur Marke aufgefüllt, filtriert, in 200 ccm des Filtrats der in Form von Stickstoffverbindungen nichteiweissartiger Natur vorhandene Stickstoff bestimmt. Der Rest der ursprünglichen wässerigen Lösung wird zur qualitativen Prüfung auf Eiweiss benutzt und zwar haben wir hierzu die Xanthoproteinreaktion und die Fällung mit Ferrocyankalium und Essigsäure ausgeführt, beides Reaktionen, die der Leim nicht gibt. Der durch Tannin fällbare Stickstoff, den man durch Abzug des im Filtrat vom Tanninniederschlag ermittelten vom Gesamtstickstoff der wässerigen Lösung findet, kann als Leimstickstoff angesprochen werden, wenn die Eiweissreaktionen ein negatives Resultat oder doch nur die Anwesenheit von Spuren an Eiweissstoffen ergaben. Ob der in dieser Weise festgestellte Gehalt an Leim bereits als solcher in dem Futtermittel vorhanden war oder erst durch das Kochen mit Wasser aus dem Kollagen gebildet wurde, lässt sich natürlich nicht feststellen, ist aber auch gleichgültig, da Leim und Kollagen als gleichwertige Nährstoffe angesehen werden können. Wir wollten durch unsere Untersuchung nur feststellen, ob neben Leim resp. Kollagen noch in Betracht kommende Mengen Eiweiss vorhanden waren. Zu diesem Zweck haben wir auch noch den beim Auskochen mit Wasser verbleibenden Rückstand auf Eiweiss geprüft.

Bei der Untersuchung des Eiweissparfutters nach diesem Verfahren fanden wir, dass 83.2 % des Gesamtstickstoffs in Wasser löslich und davon 78.0 % des Gesamtstickstoffs durch Tannin fällbar waren. Da Eiweiss in der Lösung nur in Spuren nachzuweisen war, besteht also der in Wasser lösliche Stickstoff

in der Hauptsache aus Leim. Der kleine Rest des in Wasser unlöslichen Stickstoffs besteht wohl auch noch aus Kollagen, daneben aber auch aus Eiweissverbindungen, da der Rückstand starke Xanthoproteinreaktion gab.

Auf Grund dieses Befundes haben wir den Gehalt an Rohprotein aus dem zu 13.61% ermittelten Gehalt an Gesamtstickstoff in der Weise berechnet, dass wir den in Wasser löslichen Stickstoff mit dem Faktor 5.61, den unlöslichen mit 6.25 multipliziert haben; so erhielten wir den Wert: $11.32 \cdot 5.61 + 2.29 \cdot 6.25 = 77.80$, wie oben angegeben.

Der Ausnutzungsversuch wurde mit den Hammeln Nr. 1, 7 und 13 ausgeführt, von denen 1 und 13 je 200 g Eiweissparfutter neben 1000 g Versuchshen erhielten, während die Menge des Eiweissparfutters 300 g neben 1000 g Versuchshen bei Hammel 7 betrug. Die Tiere nahmen das Futter von Anfang an gern auf und liessen niemals Reste. Das Befinden der Tiere war während des ganzen, einschliesslich der Vorfütterung ca. 30 Tage dauernden Versuches ein gutes.

Wie die Zahlen der Tabelle DV im Anhang zeigen, ist der einzige, für die Bewertung des Futters in Betracht kommende Bestandteil, das Rohprotein, hoch verdaulich gewesen, nämlich im Mittel der 3 Versuche zu 92.3% resp. bei Berechnung aus dem Gesamtstickstoff zu 86.0%.

Diese Zahlen stimmen mit den von anderen Forschern¹⁾ gemachten guten Beobachtungen überein, wonach ähnliche Werte für die Verdaulichkeit und auch eine gute Ausnutzung für den Fleischansatz festgestellt wurde. Es wird hierdurch die schon von Vorr festgestellte Tatsache, dass der Leim ein ausgezeichneter Eiweissparer ist, bestätigt. Nur hat ZUNTZ Bedenken hinsichtlich der Bekömmlichkeit dieses Futters geäussert, die jedoch durch eine Beigabe von etwas Hornmehl, wodurch die dem Leim fehlenden Aminosäuren zugeführt werden sollen, behoben werden

¹⁾ ZUNTZ: Ersatzfuttermittel. Vortrag, gehalten im Klub der Landwirte am 11. Januar 1916. Nachrichten aus dem Klub der Landwirte 597 zu Berlin. Ferner: Zur Beurteilung der Ersatzfuttermittel. Mitteilungen der D. L.-G. 1916, Nr. 45, S. 733.

SCHMÖGER: Über Eiweissparfutter. Landw. Presse 1916, Seite 459; daselbst nach „Westpr. Landw. Mitteilungen“. Der Verfasser teilt gutachtliche Äusserungen von ZUNTZ und FINGERLING mit.

könnten. Mit diesem Zusatz von Hornmehl¹⁾ soll der Leim dann das Eiweiss vollständig ersetzen können.

Sonst sind uns Klagen über die Bekömmlichkeit dieses, in letzter Zeit wohl sehr viel verwendeten Futtermittels nicht bekannt geworden, und da wir bei unseren Versuchen auch keinerlei Störungen beobachten konnten, dürfte gegen die Verwendung mässiger Mengen des Futters wohl nichts einzuwenden sein, wenn man die selbstverständliche Vorsicht beobachtet, die Tiere allmählich an das Futter zu gewöhnen. Bei Verfütterung mässiger Mengen wird auch die eiweiss sparende oder eiweiss ersetzende Wirkung am besten zur Geltung kommen, indem dann ja nur ein Teil des Eiweisses der Ration durch das Sparfutter ersetzt und im Grundfutter noch genügend wirkliches Eiweiss den Tieren zugeführt wird. Die Verfütterung grösserer Mengen des Sparfutters würde auch in Rücksicht auf den hohen Proteingehalt und auch verhältnismässig hohen Preis sich verbieten. Richtig verwendet, dürfte daher das Sparfutter in jetziger Zeit ein sehr wertvolles Hilfsmittel sein, um an Eiweiss zu sparen.

VI. BADERSches Fleischmehl.

(Tabellen A VI, B β VI, C VI, D VI im Anhang.)

Unter dieser Bezeichnung wurden uns 2 Proben eines Futtermittels eingesandt, welches nach einem der Firma BADER in Mühlhausen in Thüringen erteilten Patent hergestellt war. Das Futter besitzt eine flockigfaserige Beschaffenheit, ist von hellgelber Farbe und schwachem, nicht unangenehmem Geruch. Nach der mikroskopischen Untersuchung besteht es aus längsgestreiften, zusammenhängenden Fasern und formlosen Klümpchen, letztere manchmal mit parenchymartiger Struktur; die Fasern ähneln

¹⁾ Durch Abschlämmen des in Wasser unlöslichen Rückstandes mit Chloroform fanden wir, auf die ursprüngliche Substanz des Eiweiss sparfutters berechnet, 1,2 % Stickstoff, entsprechend 8,8 % des Gesamtstickstoffs als Hornsubstanz. Bei einem Stickstoffgehalt des Hornmehls von 15 % würde also die Menge desselben rund 8 % des Futtermittels betragen.

In einer anderen, uns zur Untersuchung eingesandten Probe Eiweiss sparfutter wurden 0,94 % Hornstickstoff, entsprechend 7,6 % des Gesamtstickstoffs festgestellt, woraus sich die Hornmehlmenge zu rund 6 % berechnet. Nach diesen Beobachtungen ist wohl anzunehmen, dass ein solcher Zusatz von Hornmehl zum Eiweiss sparfutter jetzt allgemein üblich ist. Weitere Proben standen uns leider nicht zur Verfügung.

mehr Haargebilden und Haut, als Fleischfasern, so dass dem Fabrikat die Bezeichnung „Fleischmehl“ im engeren Sinne wohl nicht zukommt.

Das Futtermittel ist jedenfalls aus dem sogenannten Leimleder hergestellt, d. h. aus den Abfällen, die vor der Verarbeitung der Häute auf Leder erhalten werden und die in der Hauptsache aus dem Unterhautbindegewebe mit anhaftenden Fleisch- und Fettteilen bestehen.

Die Analyse ergab folgenden Gehalt:

	1.	2.
Wasser	15.9 %	14.91 %
Rohprotein	54.8 "	57.80 "
Fett	10.2 "	14.45 "
Asche	10.9 "	9.05 "

Die Verdaulichkeit nach STUTZER betrug in beiden Proben 97.7 %.

Die Probe 1 haben wir nicht weiter untersucht, die Probe 2 wurde in der auf Seite 282 angegebenen Weise geprüft und festgestellt, dass 84.2 % des Gesamtstickstoffs in Wasser löslich waren und fast ausschliesslich aus Leim (82.2 %) bestanden, während der Rückstand wohl ein Gemenge von Leim resp. Kollagen mit Eiweiss ist, da er noch Eiweissreaktion gab.

In verschiedenen, uns von der Firma übersandten Analysenberichten findet sich die Angabe, dass das Rohprotein fast nur aus Reineiweiss besteht, da es durch Kupferhydroxyd fällbar ist. Auch wir hatten uns nach der ersten Untersuchung in diesem Sinne ausgesprochen, jedoch, da wir schon damals Zweifel an der Anwendbarkeit dieser Fällungsmethode für derartige Futtermittel hatten, in dem einschränkenden Sinne, dass die stickstoffhaltige Substanz aus Eiweiss oder „wenigstens diesem nahe stehenden Verbindungen“ besteht. Dies trifft nun insofern zu, als der Leim ja eine dem Eiweiss nahe stehende Substanz ist, als wirkliches Eiweiss, kann dagegen das Rohprotein nicht mehr bezeichnet werden, nachdem wir festgestellt haben,¹⁾ dass die Trennung mit Kupferhydroxyd nicht anwendbar ist und dass tatsächlich der grössere Teil des Rohproteins aus Leim besteht. Wir haben daher das Rohprotein aus dem Gesamtstickstoff von 9.6 % in Probe 1 und 10.12 % in Probe 2 mit den Faktoren 5.61 und 6.25 in der Seite 283 angegebenen Weise berechnet.

¹⁾ Siehe die Anmerkung auf Seite 281.

Mit der Probe Nr. 2, von der uns eine grössere Menge zur Verfügung stand, haben wir einen Ausnutzungsversuch mit 3 Hammeln ausgeführt. Die Tiere Nr. 11 und 12 erhielten je 1000 g Versuchsheu und 200 g Fleischmehl, Hammel Nr. 13 neben 1000 g Heu 300 g Fleischmehl. Alle drei Tiere nahmen das Futter sogleich gut auf und verzehrten es ohne Reste. Irgendwelche Störungen im Befinden der Tiere wurden nicht beobachtet. Die erhaltenen Verdauungskoeffizienten für Rohprotein und Fett zeigen bei allen Tieren eine gute Übereinstimmung, während für die organische Substanz Hammel 13 eine bedeutend höhere Zahl ergab als die beiden anderen Tiere.

Unter Benutzung der mittleren Koeffizienten von 96.0 (resp. 94.0) für das Rohprotein und 100 für das Fett, berechnet sich für das Futtermittel ein Gehalt von 55.5 % verdaulichem Rohprotein (54.3 % aus Gesamt-N) und von 14.5 % verdaulichem Fett. Für die Probe 1 ergeben sich die Werte 52.6 % (51.5 %) Protein und 10.2 % Fett.

Wenn auch das Rohprotein dieses sogenannten Fleischmehles nur zu einem kleinen Teil aus wirklichem Eiweiss, in der Hauptsache aus Leim resp. Kollagen besteht, so unterliegt es doch nach den mit Leim gemachten Erfahrungen keinem Zweifel, dass das Futtermittel gut geeignet sein wird, einen Teil des Eiweisses in der Ration zu ersetzen und damit an Eiweiss zu sparen. Es ist daher verständlich, dass die Beobachtungen, die man mit diesem Futtermittel gemacht hat, recht günstig lauten. So fand GERLACH,¹⁾ der das Fleischmehl an Milchkühe als Ersatz für Leinkuchen verfütterte, in der Abteilung mit Fleischmehl den gleichen Milch- und Fettertrag wie in der mit Leinkuchen und bezeichnet auf Grund dieses Versuchsergebnisses das Futtermittel als sehr brauchbar für diesen Zweck und wahrscheinlich auch für die Mast von Rindern und Schweinen ebenso geeignet.

Wenn das Futtermittel zu einem angemessenen Preise geliefert werden kann, wird man dasselbe als gut verwendbar für die verschiedenen Zwecke der Viehhaltung empfehlen können. Zu wünschen wäre, dass die wenig zutreffende Bezeichnung als Fleischmehl durch eine der Natur des Futtermittels besser entsprechende ersetzt würde.

¹⁾ Landw. Presse 1916, Seite 229.

VII. Entgerbte Lederabfälle.

(Tabellen A VII, B VII, CVII, DVII im Anhang.)

Unter dieser Bezeichnung wurde uns auf Veranlassung „des Kriegsausschusses für Ersatzfutter“ ein Futtermittel eingesandt, welches aus chromgegerbten Lederabfällen hergestellt werden soll durch ein besonderes Verfahren, wodurch die Abfälle entgerbt und zur früheren Rohhaut zurückgeführt werden sollen. In seiner äusseren Beschaffenheit hatte das Produkt Ähnlichkeit mit dem BADERSchen Fleischmehl, nur ist es etwas gröber und nicht von hellgelber, sondern grauer Farbe. In seiner Zusammensetzung unterscheidet es sich von dem BADERSchen Fleischmehl und ist mehr dem Eiweissparfutter ähnlich. Wir fanden folgenden Gehalt:

Wasser	10.60 %
Rohprotein	70.78 „
Fett	3.20 „
Asche	8.70 „

Vom Rohprotein waren 96.8 % nach STUTZER verdaulich. Durch Auskochen mit Wasser wurden 85.4 % des Gesamtstickstoffs gelöst, welche, da Eiweiss und nichteiweissartige Stoffe in der Lösung nur in Spuren vorhanden waren, als von Leim oder Kollagen herrührend angesehen werden können. Der in Wasser unlösliche Rückstand gab auch nur schwache Eiweissreaktion, dürfte also wohl in der Hauptsache aus Kollagen bestehen. Führt man die Berechnung des Rohproteins in der Weise aus wie Seite 283 dargelegt, so erhält man: $10.60 \cdot 5.61 + 1.81 \cdot 6.25 = 70.78$ % Rohprotein.

Zu dem Ausnutzungsversuch dienten die Hammel Nr. 11, 12 und 13, die je 1000 g Versuchsheu erhielten und als Zulage 200 g Lederabfälle für die Tiere Nr. 11 und 12, während Nr. 13 eine Zulage von 300 g erhielt.

Wie die Zahlen der Tabelle DVII im Anhang zeigen, wurde das Fett von allen Tieren vollständig verdaut, das Rohprotein zu 97.1 %, resp. aus dem Gesamtstickstoff berechnet zu 94.6. Die Übereinstimmung ist bei den 3 Tieren eine gute, nur bei der organischen Substanz sind wieder grössere Differenzen vorhanden. Nach diesem Befund ist das Futtermittel als ein proteinreiches, hochverdauliches Material zu bezeichnen, welches in mässigen Mengen als teilweiser Ersatz des Eiweisses ebensogut

verwendbar ist, wie die unter V und VI besprochenen Futtermittel. Wir haben allerdings noch Spuren von Chromverbindungen in dem Futter nachweisen können; da es sich aber nur um sehr geringe Mengen handelt, und da wir irgendwelche Gesundheitsstörungen während der zirka 6 Wochen dauernden Fütterung nicht beobachten konnten, obwohl wir verhältnismässig grosse Mengen des Futters verabreichten, so dürfte gegen eine vorsichtige Verwendung des Futters, d. h. recht allmähliche Steigerung der Mengen und nicht zu hohe Gaben, nichts einzuwenden sein.

VIII. Hornmehl.

(Tabellen A VIII, B β VIII, CVIII, DVIII im Anhang.)

Im allgemeinen nimmt man an, dass der Hauptbestandteil der Hornsubstanz, das Keratin, von den Verdauungssäften der Säugetiere nicht gelöst wird, doch sollen junge Horngebilde durch sehr kräftigen Magensaft und bei langer Einwirkung desselben allmählich in Lösung gehen, besonders nach vorausgegangener Behandlung mit Laugen oder heissem Wasser.¹⁾ Die Frage ist zur Zeit von besonderem Interesse, nachdem ZUNTZ²⁾ festgestellt hat, dass durch eine Beigabe von Hornmehl zu den leimhaltigen Futtermitteln die Ausnutzung des Leims und die Bekömmlichkeit des Futters verbessert wird, eine Wirkung, die natürlich ausgeschlossen wäre, wenn die Hornsubstanz vollständig widerstandsfähig gegen die tierischen Verdauungssäfte wäre. Da uns eine grössere Menge eines recht reinen Hornmehls zur Verfügung stand, welches aus reinen Hornplattenbrillen hergestellt war, die vorher keinerlei chemische Behandlung erfahren hatten, sondern nur bei etwa 160° gedörzt worden waren, so haben wir dieses Material zu einem Ausnutzungsversuch benutzt.

Das Hornmehl enthielt:

Wasser	4.2 %	
Rohprotein . . .	94.6 "	(15.14 % N. 6.25)
Fett	0.6 "	
Asche	1.2 "	

Durch Behandlung mit Pepsinsalzsäure nach STUTZER wurden von der stickstoffhaltigen Substanz 9.3 % gelöst.

¹⁾ Lehrbuch der physiologischen Chemie; von R. NEUMISTER, II. Auflage, Seite 492.

²⁾ Vergleiche Seite 283.

Zu dem Ausnutzungsversuch wurden die Hammel Nr. 7 und 14 verwendet, die neben 1000 g Versuchsheu 200 g Hornmehl erhielten. Dieses Futter wurde von Anfang an begierig aufgenommen und ohne Reste verzehrt. Die bei den beiden Tieren für das Rohprotein erhaltenen Verdauungskoeffizienten zeigen eine sehr schlechte Übereinstimmung, indem nur Hammel 7 mässige Mengen, nämlich 15.5 % (12.2 %) verdaute, Hammel 14 dagegen fast nichts, 5.0 (0.3). Wollte man trotz dieser schlechten Übereinstimmung das Mittel nehmen, so ergeben sich 10.3, resp. aus dem Gesamt-N berechnet 6.3 %. Ob diese Unterschiede durch individuelle Einflüsse bedingt oder durch die bei Verfütterung einer kleinen Menge eines Futters in Verbindung mit einer sehr viel grösseren Menge eines anderen unvermeidlichen Versuchsfehler hervorgerufen waren, lassen wir dahingestellt. Wir wollen auf die Zahlen daher kein Gewicht legen, glauben aber, da auch bei der künstlichen Verdauung ein Teil in Lösung ging, annehmen zu müssen, dass eine gewisse Einwirkung der Verdauungssäfte auf die Hornsubstanz vorhanden ist,¹⁾ wodurch die Beobachtungen von ZUNTZ²⁾ erklärlich sein würden.

Als Futtermittel kann Hornmehl selbstverständlich nicht in Betracht kommen. Nur in dem einen Ausnahmefalle, bei den leimhaltigen Futtermitteln, wird man aus den angeführten Gründen eine kleine Beigabe von Hornmehl als zulässig bezeichnen dürfen, in allen andern Fällen wird man nach wie vor einen Zusatz von Hornmehl, wie man ihn z. B. im Fleischmehl beobachtet hat, als eine zur Vortäuschung eines höheren Proteingehalts vorgenommene Verfälschung bezeichnen müssen.

¹⁾ Es ist nicht ausgeschlossen, dass durch das wohl zum Zweck der besseren Zerkleinerung erforderliche Dörren bei 160° die Verdaulichkeit herabgedrückt worden ist, dass also ungedörktes Hornmehl vom Tier besser ausgenutzt werden würde.

²⁾ Wie ZUNTZ in seiner während des Druckes dieser Arbeit in den Mitteilungen der D. L.-G. 1916, Nr. 45, S. 733 veröffentlichten Abhandlung angibt, wird bei Herstellung des Eiweissparfutters aufgeschlossenes Horn benutzt.

Anhang.
Tabelle A. Kotproduktion und Lebendgewicht.

0) Versuchsheu-Versuche										I. Wollsaatnehl-Versuche			
										Nummer 1			
Datum	Hammel	Hammel	Hammel	Hammel	Hammel	Hammel	Hammel	Hammel	Hammel	Datum	Hammel	Datum	Hammel
1916	7	g	11	12	13	14	g	g	g	1916	12	1916	14
11. Dezember	—	—	590	755	1230	713	g	g	g	22. Mai	544	29. Mai	617
12. "	793	843	843	580	1270	903	—	—	—	23. "	501	30. "	785
13. "	720	783	783	610	954	722	—	—	—	24. "	522	31. "	671
14. "	768	661	661	577	1167	710	—	—	—	25. "	413	1. Juni	558
15. "	618	683	683	605	1220	618	—	—	—	26. "	512	2. "	731
16. "	743	654	654	718	1172	624	—	—	—	27. "	403	3. "	550
17. "	641	583	583	549	1140	615	—	—	—	28. "	515	4. "	683
18. "	655	726	726	685	1199	839	—	—	—	29. "	534	5. "	807
19. "	593	578	578	505	1010	473	—	—	—	30. "	572	6. "	695
20. "	699	748	748	675	993	788	—	—	—	31. "	630	7. "	696
21. "	686	534	534	625	1223	663	—	—	—				
Mittel:	691.6	671.1	671.1	625.8	1143.5	697.0					514.6		679.3
Lebendgewicht	kg	kg	kg	kg	kg	kg					kg		kg
Vor der Periode .	66.0	59.0	59.0	56.0	43.0	47.0					56.0		46.0
Nach der Periode .	62.0	55.0	55.0	55.0	43.0	45.0					55.0		44.0
Zu- oder Abnahme	— 4.0	— 4.0	— 4.0	— 1.0	0	— 2.0					— 1.0		— 1.0

Noch Tabelle A.

I. Wollsaatmehl-Versuche										II. Pansenischnitter-Versuche							
Nummer 2.										Nummer 1							
Datum	Hammel 1	Datum	Hammel 1	Datum	Hammel 7	Datum	Hammel 12	Datum	Hammel 15	Datum	Hammel 11	Datum	Hammel 13	Datum	Hammel 14	Datum	Hammel 15
1916	g	1916	g	1916	g	1916	g	1916	g	1916	g	1916	g	1916	g	1916	g
2. Juli	546	14. Juli	383	2. Juli	618	22. Juli	567	22. Juli	567	22. Juli	654	22. Juli	583	22. Juli	644	22. Juli	655
3. "	646	15. "	353	3. "	895	23. "	516	23. "	516	23. "	665	23. "	699	23. "	547	23. "	605
4. "	510	16. "	408	4. "	756	24. "	567	24. "	567	24. "	658	24. "	649	24. "	593	24. "	818
5. "	508	17. "	337	5. "	674	25. "	570	25. "	570	25. "	640	25. "	673	25. "	608	25. "	630
6. "	564	18. "	273	6. "	765	26. "	590	26. "	590	26. "	665	26. "	729	26. "	720	26. "	684
		19. "	339	7. "	693	27. "	571	27. "	571	27. "	871	27. "	682	27. "	413	27. "	630
		20. "	323	8. "	678	28. "	562	28. "	562	28. "	876	28. "	768	28. "	954	28. "	626
		21. "	406	9. "	655	29. "	557	29. "	557	29. "	608	29. "	648	29. "	601	29. "	544
		22. "	326	10. "	568	30. "	543	30. "	543	30. "	689	30. "	658	30. "	674	30. "	659
		23. "	291	11. "	693	31. "	581	31. "	581	31. "	690	31. "	692	31. "	673	31. "	550
		24. "	285														
Mittel:	554.8		338.5		699.5		562.4		562.4		701.6		678.1		652.7		640.1
Lebendgewicht	kg		kg		kg		kg		kg		kg		kg		kg		kg
Vor der Periode . .	—		65.0		60.0		50.0		50.0		54.0		45.0		45.0		45.0
Nach der Periode . .	—		52.0		60.0		50.0		50.0		55.0		45.0		45.0		45.0
Zu- oder Abnahme:	—		—13.0		0		0		0		+1.0		0		0		0

Noch Tabelle A.

III. Rosskastaniensabfall-Versuche				IV. Knochenmehl-Versuche											
Datum	Hammel 7	Hammel 14		Datum	Hammel 10	Datum	Hammel 16	Datum	Hammel 11	Hammel 12	Hammel 14	Datum	Hammel 11	Hammel 12	Hammel 14
1916	g	g		1916	g	1916	g	1916	g	g	g	1916	g	g	g
30. Januar	756	733		27. Jan.	953	3. Febr.	767	18. März	—	771	—	5. April	859	735	1023
31. "	811	873		28. "	420	4. "	798	19. "	959	770	873	6. "	771	750	1336
1. Februar	676	890		29. "	844	5. "	721	20. "	1054	295	1033	7. "	780	800	1276
2. "	966	913		30. "	833	6. "	673	21. "	855	1184	766	8. "	740	770	800
3. "	948	751		31. "	1001	7. "	780	22. "	1032	1078	1061	9. "	755	810	951
4. "	1016	795		1. Febr.	718	8. "	775	23. "	886	714	708	10. "	863	800	826
5. "	790	775		2. "	825	9. "	813	24. "	1033	752	1158				
6. "	903	998		3. "	835	10. "	654	25. "	968	660	795				
7. "	848	787		4. "	881	11. "	793	26. "	878	709	949				
8. "	870	891		5. "	831	12. "	698	27. "	924	643	838				
				6. "	823			28. "	893	555	1001				
Mittel:	858.4	840.6			842.2		747.2		948.2	739.2	918.2		794.7	777.5	1035.3
Lebendgewicht	kg	kg			kg		kg		kg	kg	kg		kg	kg	kg
Vor der Periode . .	63.0	45.0			49.0		47.0		58.0	56.0	46.0		59.0	55.0	46.0
Nach der Periode .	58.0	44.0			47.0		46.0		57.0	54.0	45.0		58.0	55.0	45.0
Zu- oder Abnahme:	— 5.0	— 1.0			— 2.0		— 1.0		— 1.0	— 2.0	— 1.0		— 1.0	0	— 1.0

Noch Tabelle A.

V. Eiweissersatzfutter- Versuche				VI. Barzisches Fleisch- mehl-Versuche				VII. Lederabfall- Versuche				VIII. Hornmehl- Versuche			
Datum	Hammel 1	Hammel 13	Hammel 7	Datum	Hammel 11	Hammel 12	Hammel 13	Datum	Hammel 11	Hammel 12	Hammel 13	Datum	Hammel 7	Hammel 14	
1916	g	g	g	1916	g	g	g	1916	g	g	g	1916	g	g	
1. Juni	848	698	1036	25. Jan.	288	803	—	23. Febr.	988	636	—	23. Febr.	918	1125	
2. "	926	702	889	26. "	1555	410	—	24. "	688	612	—	24. "	1028	1043	
3. "	973	780	993	27. "	803	947	768	25. "	804	713	—	25. "	865	1016	
4. "	1093	740	862	28. "	804	975	1013	26. "	751	743	—	26. "	932	980	
5. "	1048	919	1635	29. "	811	811	722	27. "	780	704	863	27. "	848	1226	
6. "	853	967	830	30. "	788	865	813	28. "	528	546	887	28. "	916	1004	
7. "	1013	882	988	31. "	830	810	918	29. "	1028	713	735	29. "	810	626	
8. "	736	935	998	1. Febr.	708	787	782	1. März	743	698	807	1. März	1005	1455	
9. "	697	780	1132	2. "	766	728	1011	2. "	603	673	776	2. "	835	1092	
10. "	871	862	1002	3. "	912	676	1126	3. "	498	660	810	3. "	728	979	
				4. "	—	—	991	4. "	930	658	718	4. "	848	1063	
				5. "	—	—	996	5. "	—	—	786				
				6. "	—	—	863	6. "	—	—	645				
								7. "	—	—	921				
								8. "	—	—	933				
Mittel:	905.8	826.5	1036.5		829.5	781.2	909.4		756.5	668.7	807.4		884.8	1053.5	
Lebendgewicht	kg	kg	kg		kg	kg	kg		kg	kg	kg		kg	kg	
Vor der Periode	66.0	46.0	61.0		61.0	57.0	47.0		58.0	56.0	46.0		60.0	47.0	
Nach der Periode	63.0	45.0	58.0		60.0	57.0	46.0		60.0	57.0	46.0		57.0	45.0	
Zu- oder Abnahme:	— 3.0	— 1.0	— 3.0		— 1.0	0	— 1.0		+ 2.0	+ 1.0	0		— 3.0	— 2.0	

Tabelle Bc. Ausnutzungsversuche mit Versuchsheu 1916.

Hammel	Nr.	Organ. Substanz	Aus Ges.-N des Kotes		Aus Pepsin-HCl unl. N des Kotes		Fett	Rohfaser		N-freie	
			Roh- protein-N	Rein- eiweiss-N	Roh- protein-N	Rein- eiweiss-N		g	g	g	g
7.		In 1000 g Heu ¹⁾ = 863.8 Tr.-S.	18.1	16.0	18.1	16.0	33.6	228.0		411.1	
		Im Kot.	7.6	6.9	4.6	4.6	15.1	108.8		104.1	
11.		Verdaut:	10.5	9.1	13.5	11.4	18.5	119.2		307.0	
		V.-C.	58.0	56.9	74.6	71.2	55.1	52.3		74.7	
12.		Im Kot.	6.9	6.5	4.4	4.4	13.7	105.9		108.0	
		Verdaut:	11.2	9.5	13.7	11.6	19.9	122.1		303.1	
13.		V.-C.	61.9	59.3	75.7	72.5	59.2	53.6		73.7	
		Im Kot.	7.1	6.4	4.4	4.4	14.0	102.8		111.6	
14.		Verdaut:	11.0	9.6	13.7	11.6	19.6	125.2		299.5	
		V.-C.	60.8	60.0	75.7	72.5	58.3	54.9		72.9	
15.		Im Kot.	8.2	7.3	4.5	4.5	14.4	107.0		117.6	
		Verdaut:	9.9	8.7	13.6	11.5	19.2	121.0		293.5	
16.		V.-C.	54.7	54.4	75.1	71.9	57.1	53.1		71.4	
		Im Kot.	7.2	6.7	4.1	4.1	15.0	104.6		112.5	
17.		Verdaut:	10.9	9.3	14.0	11.9	18.6	123.4		298.6	
		V.-C.	60.2	58.1	77.3	74.4	55.4	54.1		72.6	
18.		Mittel der V.-C. des Versuchsheues	59.1	57.0	75.9	72.5	57.0	53.6		73.1	

¹⁾ Die Heumenge und Zusammensetzung ist bei allen 5 Tieren die gleiche und deshalb nur einmal aufgeführt.

Tabelle Bβ.

			Organische Substanz	Aus Ges.-N des Misch- kotes		Aus Pepsin- HCl unlös. N des Misch- kotes		Fett	Rohfaser	N-freie	
				g	g	g	g				
Der unverdauliche Anteil des beigegeführten Henes für die einzelnen Versuche.											
I.	Wollsaatmehlversuche	500 g Hen à 90.27 = 451.4 g Tr.-S.	143.8	3.9	3.5	2.3	2.3	7.6	55.3	57.9	
		400 "	" " 90.27 = 361.1 "	115.0	3.1	2.8	1.8	1.8	6.0	44.2	46.3
		250 "	" " 90.27 = 225.7 "	71.9	2.0	1.8	1.2	1.2	3.8	27.7	29.0
II.	Pansenmischfütterversuche	500 "	142.4	3.8	3.5	2.3	2.3	7.5	54.7	57.4	
III.	Roskastanienversuche	500 "	134.7	3.6	3.3	2.2	2.2	7.1	51.8	54.2	
IV.	Knochenmehlversuche	700 "	188.6	5.1	4.6	3.0	3.0	9.9	72.5	75.9	
		1000 "	" " 84.57 = 592.0 "	273.5	7.4	6.7	4.4	4.4	14.4	105.1	110.1
V.	Eiweissersatzversuche	1000 "	279.9	7.5	6.9	4.5	4.5	14.7	107.7	112.7	
VI.	Badersches Fleischmehlversuche	1000 "	269.4	7.2	6.6	4.3	4.3	14.1	103.6	108.4	
VII. u. VIII.	Leder- und Hornmehlversuche	1000 "	280.4	7.5	6.9	4.5	4.5	14.7	107.8	112.8	

Tabelle C. Menge und Zusammensetzung

Hammel Nr.	Zeit der Periode	Frischer Kot	Frischer Kot = lufttrocken	Lufttrockener Kot	Im frischen Kot			Zu-		
		g	%	g	Gesamt-N %	Eiweiss-N %	Pepsin-HCl unl. N %	Trocken- substanz %	Organische Substanz %	
o) 1000 g										
7	12.—21. Dezember 1915	691.6	48.2	333.4	1.10	1.00	0.66	95.03	81.74	
11	11.—21. Dezember 1915	671.1	49.4	331.5	1.03	0.97	0.65	95.92	81.82	
12		625.8	52.8	330.4	1.13	1.03	0.71	95.36	81.95	
13		1143.5	29.8	340.8	0.72	0.64	0.39	97.62	83.90	
14		697.0	48.2	335.9	1.03	0.96	0.59	95.64	82.06	
I. 500 g Heu + 500 g										
12	22.—31. Mai 1916	514.6	60.3	310.3	1.26	1.15	0.94	93.28	79.85	
14	29. Mai—7. Juni 1916	679.3	48.2	327.4	1.11	1.00	0.79	95.95	80.04	
400 g Heu + 400 g										
1	2.—6. Juli 1916	554.8	59.3	329.0	1.24	1.17	0.87	88.67	76.39	
250 g Heu + 250 g										
1	14.—24. Juli 1916	338.5	58.6	198.4	1.24	1.21	0.85	91.79	80.35	
500 g Heu + 500 g										
7	2.—11. Juli 1916	699.5	53.4	373.6	1.29	1.16	0.81	95.21	80.36	
12	22.—31. Juli 1916	562.4	61.8	347.6	1.39	1.22	0.89	94.44	81.11	
II. 500 g Heu + 500 g										
11	22.—31. Juli 1916	701.6	55.8	391.5	1.22	1.10	0.68	93.93	79.66	
13		678.1	51.6	350.0	1.23	1.06	0.62	94.66	80.22	
500 g Heu + 500 g										
14	22.—31. Juli 1916	652.7	50.0	326.4	1.06	0.91	0.60	95.27	80.76	
15		640.1	51.2	327.8	1.14	0.97	0.63	94.89	81.02	
III. 500 g Heu + 500 g										
7	30. Januar—8. Febr. 1916	858.4	50.8	436.1	1.14	1.03	0.90	93.92	85.98	
14		840.6	48.6	408.6	1.03	0.98	0.80	94.09	86.07	
IV. 700 g Heu + 300 g										
10	27. Januar—6. Febr 1916	842.2	60.0	505.3	1.47	1.35	0.46	97.61	52.99	
15	3.—12. Februar 1916	747.2	66.4	496.2	1.71	1.69	0.52	95.79	54.75	

des frischen und lufttrockenen Mischkotes.

sammensetzung des lufttr. Kotes					Pro Tag und Tier im Kot ausgeschieden							
N × 6.25	Fett	Rohfaser	Asche	N-freie	Gesamt-N	Eiweiss N	Pepsin-HCl unl N	Organische Substanz	Fett	Rohfaser	N-freie	
%	%	%	%	%	g	g	g	g	g	g	g	

Versuchsheu.

13.33	4.54	32.63	13.29	31.24	7.61	6.92	4.57	272.4	15.1	108.8	104.1
13.16	4.14	31.94	14.10	32.58	6.91	6.51	4.36	271.2	13.7	105.9	108.0
12.81	4.25	31.11	13.41	33.78	7.07	6.44	4.44	270.8	14.0	102.8	111.6
13.77	4.23	31.39	13.72	34.51	8.23	7.32	4.46	285.9	14.4	107.0	117.6
12.98	4.45	31.14	13.58	33.49	7.18	6.69	4.11	275.7	15.0	104.6	112.5

Wollsaatmehl Nr. 1.

13.25	3.36	35.33	13.43	27.91	6.48	5.92	4.84	247.8	10.43	109.6	86.6
13.81	2.72	34.31	15.91	29.20	7.54	6.79	5.37	262.1	8.9	112.3	95.6

Wollsaatmehl Nr. 2.

12.94	2.70	35.29	12.28	25.46	6.88	6.49	4.83	251.3	8.9	116.1	83.8
-------	------	-------	-------	-------	------	------	------	-------	-----	-------	------

Wollsaatmehl Nr. 2.

13.00	2.66	36.48	11.44	28.21	4.20	4.10	2.88	159.4	5.3	72.4	56.0
-------	------	-------	-------	-------	------	------	------	-------	-----	------	------

Wollsaatmehl Nr. 2.

14.31	2.70	35.89	14.85	27.46	9.02	8.12	5.67	300.2	10.1	134.1	102.6
13.19	2.50	37.32	13.33	28.10	7.82	6.86	5.01	281.9	8.7	129.7	97.7

Pansenmischfutter Nr. 1.

13.42	2.76	29.69	14.27	33.79	8.56	7.72	4.77	311.9	10.8	116.2	132.3
14.82	2.68	29.21	14.44	33.51	8.34	7.19	4.21	280.8	9.4	102.2	117.3

Pansenmischfutter Nr. 2.

12.62	2.67	32.29	14.51	33.17	6.92	5.94	3.92	263.6	8.7	105.4	108.3
13.60	2.69	32.20	13.87	32.53	7.30	6.21	4.03	265.6	8.8	105.5	106.6

Kastanienmehl.

13.75	3.33	25.74	7.94	43.16	9.79	8.84	7.73	375.0	14.5	112.3	188.2
13.19	3.32	30.20	8.02	39.36	8.66	8.24	6.72	351.7	13.6	123.4	160.8

Knochenmehl.

15.75	1.51	21.43	44.62	14.30	12.38	11.37	3.87	267.8	7.6	108.3	72.3
15.06	1.51	21.43	41.04	16.75	12.78	12.63	3.89	271.7	7.5	106.3	83.1

Noch

Hammel Nr.	Zeit der Periode	Frischer Kot g	Frischer Kot = lufttrocken %	Lufttrockener Kot g	Im frischen Kot			Zu-	
					Gesamt-N %	Eiweiss-N %	Pepsin-HCl unl. N %	Trocken- substanz %	Organische Substanz %
1000 g Heu + 100 g									
11	19.—28. März 1916	948.2	44.0	417.2	0.99	0.89	0.47	95.72	70.01
12	18.—28. „ 1916	739.2	55.4	409.5	1.02	1.02	0.56	95.91	70.21
14	19.—28. „ 1916	918.2	45.0	413.2	0.82	0.82	0.49	95.74	68.95
1000 g Heu + 150 g									
11	5.—10. April 1916	794.7	60.0	476.8	1.14	1.05	0.61	96.54	67.14
12		777.5	60.7	472.0	1.19	1.17	0.67	97.05	69.07
14		1035.3	44.7	462.8	0.93	0.90	0.46	96.87	68.30
V. 1000 g Heu + 200 g									
1	1.—10. Juni 1916	905.8	43.4	393.1	1.27	1.12	0.69	96.09	82.13
13		826.5	50.2	414.9	1.42	1.27	0.85	94.80	80.99
1000 g Heu + 300 g									
7	1.—10. Juni 1916	1036.5	38.6	400.1	1.20	1.06	0.72	96.84	81.42
VI. 1000 g Heu + 200 g									
11	25. Januar—3. Febr. 1916	829.5	45.4	376.6	0.99	0.97	0.64	97.10	81.71
12		781.2	48.8	381.3	1.14	1.10	0.65	96.70	80.59
1000 g Heu + 300 g									
13	27. Januar—6. Febr. 1916	909.4	39.2	356.5	0.95	0.93	0.57	97.22	79.49
VII. 1000 g Heu + 200 g									
11	27. Januar—6. Febr. 1916	756.5	51.2	387.4	1.19	—	0.71	98.02	80.72
12		668.7	52.6	351.8	1.25	—	0.74	98.14	80.61
1000 g Heu + 300 g									
13	27. Februar—8. März 1916	807.4	44.2	356.9	1.24	—	0.70	95.94	78.14
VIII. 1000 g Heu + 200 g									
7	23. Febr.—4. März 1916	884.8	55.0	486.7	3.85	—	3.40	98.00	88.72
14		1053.5	50.2	528.9	3.58	—	3.16	98.96	89.83

Tabelle C.

sammensetzung des lufttr. Kotes					Pro Tag und Tier im Kot ausgeschieden							
N \times 6.25	Fett	Rohfaser	Asche	N-freie	Gesamt-N	Eiweiss-N	Pepsin-HCl unl. N	Organische Substanz	Fett	Rohfaser	N-freie	
%	%	%	%	%	g	g	g	g	g	g	g	g

Knochenmehl.

13.00	2.46	25.15	25.71	29.30	9.39	8.44	4.46	292.1	10.3	104.9	122.7	
11.75	2.61	26.75	25.70	29.10	7.54	7.54	4.14	287.5	10.7	109.6	119.2	
11.81	2.66	24.98	26.79	29.50	7.53	7.53	4.50	284.9	11.0	103.2	121.9	

Knochenmehl.

11.38	2.41	25.08	29.40	29.40	9.06	8.34	4.85	320.2	11.5	119.6	134.8	
11.69	2.74	25.54	27.98	27.98	9.25	9.10	5.21	326.0	12.9	120.6	137.4	
11.63	2.31	25.97	28.57	28.57	9.63	9.32	4.76	316.1	10.7	120.2	131.4	

Eiweissersatzfutter.

17.17	3.34	32.92	13.96	28.70	11.50	10.15	6.25	322.9	13.1	129.4	112.8	
16.69	3.50	30.04	13.81	30.76	11.74	10.50	7.03	336.0	14.5	124.6	127.6	

Eiweissersatzfutter.

18.00	3.48	30.28	15.42	29.66	12.44	10.99	7.46	325.8	13.9	121.2	118.7	
-------	------	-------	-------	-------	-------	-------	------	-------	------	-------	-------	--

BADERSches Fleischmehl.

13.94	3.40	30.01	15.39	34.36	8.21	8.05	5.31	307.7	12.8	113.0	129.5	
14.00	3.34	28.79	16.11	34.46	8.91	8.59	5.08	307.3	12.7	109.8	131.4	

BADERSches Fleischmehl.

14.81	3.59	28.30	17.73	32.79	8.64	8.46	5.18	283.4	12.8	100.9	116.1	
-------	------	-------	-------	-------	------	------	------	-------	------	-------	-------	--

Lederabfälle.

14.44	3.68	29.79	17.30	32.81	9.00	8.17	5.37	312.7	14.3	115.4	127.1	
13.94	3.90	29.32	17.53	33.45	8.36	7.82	4.95	283.6	13.7	103.2	117.7	

Lederabfälle.

15.50	3.68	27.08	17.80	31.88	10.01	9.77	5.65	278.9	13.1	96.7	113.1	
-------	------	-------	-------	-------	-------	------	------	-------	------	------	-------	--

Hornmehl.

43.44	2.78	21.81	9.28	20.69	34.06	34.06	30.08	431.8	13.5	106.1	100.7	
44.88	2.71	22.51	9.13	19.73	37.72	37.72	33.29	475.2	14.3	119.1	104.4	

Tabelle D. Ausnutzungsversuche.

Hammel	Nr.	I. Wollsaatmehl	Organ. Substanz	Aus Ges.-N des Mischkotes		Aus Pepsin-HCl unlösl. N des Mischkotes		Fett		Rohfaser		N-freie	
				g	g	Rob-pro- tein-N	Reinei- weiss- tein-N	g	g	g	g	g	g
{	12	Nummer 1											
		In 514.6 g Gesamtkot											
		Ab unverdaulich von 500 g Heu = 451.4 g Tr.-S.											
		Unverdaulich vom Wollsaatmehl:											
		In 500 g Wollsaatmehl Nr. 1											
{	14	Ab unverdaulich											
		Verdant:											
		V.-C.:											
		In 679.3 g Gesamtkot											
		Ab unverdaulich von 500 g Heu = 451.4 g Tr.-S.											
{	14	Unverdaulich vom Wollsaatmehl:											
		In 500 g Wollsaatmehl Nr. 1											
		Ab unverdaulich											
		Verdant:											
		V.-C.:											
{	1	Nummer 2.											
		In 554.8 g Gesamtkot											
		Ab unverdaulich von 400 g Heu = 361.1 g Tr.-S.											
		Unverdaulich vom Wollsaatmehl:											
		In 500 g Wollsaatmehl Nr. 1											

1	In 400 g Wollsaatmehl Nr. 2												325.3	27.4	26.2	27.4	26.2	30.6	65.2	58.1
	Ab unverdaulich												136.3	3.8	3.7	3.0	3.0	2.9	71.9	37.5
	Verdant:																			
	V.-C.:												189.0	23.6	22.5	24.4	23.2	27.7	—	20.6
	In 699.5 g Gesamtkot												300.2	9.0	8.1	5.7	5.7	10.1	134.1	102.6
	Ab unverdaulich von 500 g Hen = 451.4 g Tr.-S.												143.8	3.9	3.5	2.3	2.3	7.6	55.3	57.9
	Unverdaulich vom Wollsaatmehl:																			
	In 500 g Wollsaatmehl Nr. 2												406.7	34.3	32.8	34.3	32.8	38.3	78.8	72.7
	Ab unverdaulich												156.4	5.1	4.6	3.4	3.4	2.5	81.6	44.7
	Verdant:												250.3	29.2	28.2	30.9	29.4	35.8	2.8	28.0
	V.-C.:												61.5	85.1	86.0	90.1	89.6	93.5	3.4	38.5
	In 338.5 g Gesamtkot												159.4	4.2	4.1	2.9	2.9	5.3	72.4	56.0
	Ab unverdaulich von 250 g Hen = 225.7 g Tr.-S.												71.9	2.0	1.8	1.2	1.2	3.8	27.7	29.0
	Unverdaulich vom Wollsaatmehl:																			
	In 250 g Wollsaatmehl Nr. 2												203.4	17.2	16.4	17.2	16.4	19.2	40.8	36.4
	Ab unverdaulich												87.5	2.2	2.3	1.7	1.7	1.5	44.7	27.0
	Verdant:												115.9	15.0	14.1	15.5	14.7	17.7	—	9.4
	V.-C.:												57.0	87.2	86.0	90.1	89.6	92.2	0 ¹⁾	[25.8] ¹⁾
	In 562.4 g Gesamtkot												281.9	7.8	6.9	5.0	5.0	8.7	129.7	97.7
	Ab unverdaulich von 500 g Hen = 451.4 g Tr.-S.												143.8	3.9	3.5	2.3	2.3	7.6	55.3	57.9
	Unverdaulich vom Wollsaatmehl:																			
	In 500 g Wollsaatmehl Nr. 2												406.7	34.3	32.8	34.3	32.8	38.3	81.6	72.7
	Ab unverdaulich												138.1	3.9	3.4	2.7	2.7	1.1	74.4	39.8
	Verdant:												268.6	30.4	29.4	31.6	30.1	37.2	7.2	32.9
	V.-C.:												66.0	88.6	89.6	92.1	91.8	97.1	8.8	48.6
	Mittel V.-C. des Wollsaatmehls (Nr. 1 u. 2):												64.7	88.0	88.2	90.7	90.3	93.9	22.9	46.9

1) Ausgeschaltet vom Mittel, siehe Text S. 272.

Noch Tabelle D.

Hammel Nr.	II. Pansenmischfutter	Organ. Substanz	Aus Ges.-N des Misch- kotes		Aus Pepsin- HCl unlösl. N des Misch- kotes		Fett	Rohfaser	N-freie
			Rob- pro- tein-N	Reinei- weiss- N	Rob- pro- tein-N	Reinei- weiss- N			
14	Nummer 2								
	In 652.7 g Gesamtkot	263.6	6.9	5.9	3.9	3.9	8.7	105.4	108.3
	Ab unverdaulich von 500 g Heu = 446.9 g Tr.-S. . .	142.4	3.8	3.5	2.3	2.3	7.5	54.7	57.4
	Unverdaulich vom Pansenmischfutter:	121.2	3.1	2.4	1.6	1.6	1.2	50.7	50.9
	In 500 g Pansenmischfutter Nr. 2	345.9	10.8	6.1	10.8	6.1	11.9	65.7	201.0
	Ab unverdaulich	121.2	3.1	2.4	1.6	1.6	1.2	50.7	50.9
15	Verdant:	224.7	7.7	3.7	9.2	4.5	10.7	15.0	150.1
	V.-C.:	65.0	71.3	60.6	85.2	73.8	89.9	22.8	74.7
	In 640.1 g Gesamtkot	265.6	7.3	6.2	4.0	4.0	8.8	105.5	106.6
	Ab unverdaulich von 500 g Heu = 446.9 g Tr.-S. . .	142.4	3.8	3.5	2.3	2.3	7.5	54.7	57.4
	Unverdaulich vom Pansenmischfutter:	123.2	3.5	2.7	1.7	1.7	1.3	50.8	49.2
	In 500 g Pansenmischfutter Nr. 2	345.9	10.8	6.1	10.8	6.1	11.9	65.7	201.0
	Ab unverdaulich	123.2	3.5	2.7	1.7	1.7	1.3	50.8	49.2
	Verdant:	222.7	7.3	3.4	9.1	4.4	10.6	14.9	151.8
	V.-C.:	64.4	67.6	55.7	84.3	72.1	89.1	22.7	75.5
Mittel V.-C. des Pansenmischfutters Nr. 2:		64.9	69.5	58.2	84.8	73.0	89.2	22.8	75.1

Noch Tabelle D.

Hammel	Nr.	III. Rosskastanienabfall	Organ. Substanz	Aus Ges.-N des Misch- kotes				Aus Pepsin- HCl unlösl. N des Misch- kotes				Fett	Rohfaser	N-freie
				Roh- pro- tein-N		Reinei- weiss- N		Roh- pro- tein-N		Reinei- weiss- N				
				g	g	g	g	g	g	g	g			
7		In 858.4 g Gesamtkot	375.0	9.8	8.8	7.7	7.7	7.7	7.7	14.5	112.3	188.2		
		Ab unverdaulich von 500 g Heu = 422.9 g Tr.-S.	134.7	3.6	3.3	2.2	2.2	2.2	2.2	7.1	51.8	54.2		
		Unverdaulich vom Rosskastanienabfall:	240.3	6.2	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	7.4	60.5	134.0		
		In 500 g Rosskastanienabfall	438.0	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7	18.6	76.9	313.5		
		Ab unverdaulich	240.3	6.2	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	7.4	60.5	134.0		
		Verdaut:	197.7	—	—	—	—	—	—	11.2	16.4	179.5		
		V.-C.:	45.1	0	0	0	0	0	0	60.2	21.3	57.3		
14		In 840.6 g Gesamtkot	351.7	8.7	8.2	6.7	6.7	6.7	6.7	13.6	123.4	160.8		
		Ab unverdaulich von 500 g Heu = 422.9 g Tr.-S.	134.7	3.6	3.3	2.2	2.2	2.2	2.2	7.1	51.8	54.2		
		Unverdaulich vom Rosskastanienabfall:	217.0	5.1	4.9	4.5	4.5	4.5	4.5	6.5	71.6	106.6		
		In 500 g Rosskastanienabfall	438.0	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7	18.6	76.9	313.5		
		Ab unverdaulich	217.0	5.1	4.9	4.5	4.5	4.5	4.5	6.5	71.6	106.6		
		Verdaut:	221.0	—	—	—	—	—	—	12.1	5.3	206.9		
		V.-C.:	50.5	0	0	—	—	—	—	65.1	6.9	66.0		
Mittel V.-C. des Rosskastanienabfalls:			47.8	0	0	0	0	0	62.7	14.1	61.7			

Noch Tabelle D.

Hammel	IV. Knochenmehl	Organ. Substanz	Aus Ges.-N des Misch- kotes, Roh- protein-N	Aus Pepsin- HCl unlösl. N des Misch- kotes, Roh- protein-N	Fett
Nr.		g	g	g	g
11	In 948.2 g Gesamtkot	292.1	9.4	4.5	10.3
	Ab unverdaulich von 1000 g Heu = 858.4 g Tr.-S.	273.5	7.4	4.4	14.4
	Unverdaulich vom Knochenmehl:				
	In 100 g Knochenmehl	18.6	2.0	0.1	—
12	Ab unverdaulich	33.2	4.4	4.4	3.2
	Verdant:	18.6	2.0	0.1	—
	In 739.2 g Gesamtkot	14.6	2.4	4.3	—
	Ab unverdaulich von 1000 g Heu = 858.4 g Tr.-S.	44.0	[54.5] ¹⁾	97.7	—
14	Unverdaulich vom Knochenmehl:				
	In 100 g Knochenmehl	287.5	7.5	4.1	10.7
	Ab unverdaulich	273.5	7.4	4.4	14.4
	Verdant:	14.0	0.1	—	—
14	In 918.2 g Gesamtkot	33.2	4.4	4.4	3.2
	Ab unverdaulich von 1000 g Heu = 858.4 g Tr.-S.	14.0	0.1	—	—
	Unverdaulich vom Knochenmehl:				
	In 100 g Knochenmehl	19.2	4.3	4.4	—
14	Ab unverdaulich	57.8	97.7	100.0	—
	Verdant:	284.9	7.5	4.5	11.0
	In 918.2 g Gesamtkot	273.5	7.4	4.4	14.4
	Ab unverdaulich von 1000 g Heu = 858.4 g Tr.-S.				
14	Unverdaulich vom Knochenmehl:				
	In 100 g Knochenmehl	11.4	0.1	0.1	—
	Ab unverdaulich	33.2	4.4	4.4	3.2
	Verdant:	11.4	0.1	0.1	—
Mittel V.-C. der mit 100 g ausgef. Versuche:		21.8	4.3	4.3	—
Ausgeschaltet vom Mittel.		65.7	97.7	97.7	—
		55.8	97.7	98.5	—

¹⁾ Ausgeschaltet vom Mittel.

Noch Tabelle D.

Hammel	IV. Knochenmehl					Organ. Substanz	Aus Ges.-N des Misch- kotes, Roh- protein-N	Aus Pepsin- HCl unlösl. N des Misch- kotes, Roh- protein-N	Fett
Nr.						g	g	g	g
11	In 794.7 g Gesamtkot					320.2	9.1	4.9	11.5
	Ab unverdaulich von 1000 g Heu = 858.4 g Tr.-S.					273.5	7.4	4.4	14.4
	Unverdaulich vom Knochenmehl:								
	In 150 g Knochenmehl.					46.7	1.7	0.5	—
12	Ab unverdaulich					49.8	6.6	6.6	4.8
						46.7	1.7	0.5	—
	Verdant:								
	In 777.5 g Gesamtkot					3.1	4.9	6.1	—
12	Ab unverdaulich von 1000 g Heu = 858.4 g Tr.-S.					6.2	74.2	92.4	—
	Unverdaulich vom Knochenmehl:								
	In 150 g Knochenmehl.					326.0	9.3	5.2	12.9
	Ab unverdaulich					273.5	7.4	4.4	14.4
14	In 150 g Knochenmehl.					52.5	1.9	0.8	—
	Ab unverdaulich					49.8	6.6	6.6	4.8
	Unverdaulich vom Knochenmehl:								
	In 150 g Knochenmehl.					52.5	1.9	0.8	—
14	Ab unverdaulich					—	4.7	5.8	—
						—	71.2	87.9	—
	Verdant:								
	In 1035.3 g Gesamtkot.					316.1	9.6	4.8	10.7
14	Ab unverdaulich von 1000 g Heu = 858.4 g Tr.-S.					273.5	7.4	4.4	14.4
	Unverdaulich vom Knochenmehl:								
	In 150 g Knochenmehl.					42.6	2.2	0.4	—
	Ab unverdaulich					49.8	6.6	6.6	4.8
14	Ab unverdaulich					42.6	2.2	0.4	—
						—	4.4	6.2	—
	Verdant:								
	Mittel V.-C. der mit 150 g ausgef. Versuche:					7.2	4.4	6.2	—
14						14.5	66.7	93.9	—
						—	70.7	91.4	—
						—	—	—	—
						—	—	—	—

Noch Tabelle D.

Hammel	IV. Knochenmehl	Organ. Substanz	Aus Ges.-N des Misch- kotes, Roh- protein-N	Aus Pepsin- HCl unlösl. N des Misch- kotes, Roh- protein-N	Fett
Nr.		g	g	g	g
10	In 842.2 g Gesamtkot	267.8	12.4	3.9	7.6
	Ab unverdaulich von 700 g Heu = 592.0 g Tr.-S.	188.6	5.1	3.0	9.9
	Unverdaulich vom Knochenmehl:	79.2	7.3	0.9	—
	In 300 g Knochenmehl	99.6	13.2	13.2	9.6
	Ab unverdaulich	79.2	7.3	0.9	0
	Verdant:	20.4	5.9	12.3	—
15	V.-C.:	20.5	44.7	93.2	—
	In 747.2 g Gesamtkot	271.7	12.8	3.9	7.5
	Ab unverdaulich von 700 g Heu = 592.0 g Tr.-S.	188.6	5.1	3.0	9.9
	Unverdaulich vom Knochenmehl:	83.1	7.7	0.9	—
	In 300 g Knochenmehl	99.6	13.2	13.2	9.6
	Ab unverdaulich	83.1	7.7	0.9	0
Verdant:		16.5	5.5	12.3	—
V.-C.:		16.6	41.7	93.2	—
Mittel V.-C. der mit 300 g ausgeführten Versuche:		18.6	43.2	93.2	—

Noch Tabelle D.

Hammel	V. Eiweissersatzfutter					Aus Ges.-N des Misch- kotes, Roh- protein-N	Aus Pepsin- HCl unlösl. N des Misch- kotes, Roh- protein-N	Fett
Nr.						g	g	g
1	In 905.8 g Gesamtkot					322.9	6.3	13.1
	Ab unverdaulich von 1000 g Heu = 878.7 g Tr.-S.					279.9	4.5	14.7
	Unverdaulich vom Eiweissersatzfutter:					43.0	1.8	—
	In 200 g Eiweissersatzfutter					158.5	27.2	0.6
7	Ab unverdaulich					43.0	1.8	—
	Verdant:					115.5	25.4	—
	V.-C.:					72.9	93.4	—
	In 1036.5 g Gesamtkot					325.8	7.5	13.9
13	Ab unverdaulich von 1000 g Heu = 878.7 g Tr.-S.					279.9	4.5	14.7
	Unverdaulich vom Eiweissersatzfutter:					45.9	3.0	—
	In 300 g Eiweissersatzfutter					237.7	40.8	0.9
	Ab unverdaulich					45.9	3.0	—
13	Verdant:					191.8	37.8	—
	V.-C.:					80.7	92.7	—
	In 826.5 g Gesamtkot					336.0	7.0	14.5
	Ab unverdaulich von 1000 g Heu = 878.7 g Tr.-S.					279.9	4.5	14.7
13	Unverdaulich vom Eiweissersatzfutter:					56.1	2.5	—
	In 200 g Eiweissersatzfutter					158.5	27.2	0.6
	Ab unverdaulich					56.1	2.5	—
	Verdant:					102.4	24.7	—
V.-C.:					64.6	90.8	—	
Mittel V.-C. des Eiweissersatzfutters:					72.7	92.3	—	

Noch Tabelle D.

Hammel	VI. BADERSCHES FLEISCHMEHL				Organ. Substanz	Aus Ges.-N des Misch- kotes, Roh- protein-N	Aus Pepsin- HCl unlösl. N des Misch- kotes, Roh- protein-N	Fett
Nr.					g	g	g	g
11	In 829.5 g Gesamtkot				307.7	8.2	5.3	12.8
	Ab unverdaulich von 1000 g Heu = 845.7 g Tr.-S.				269.4	7.2	4.3	14.1
	Unverdaulich vom BADERSCHEN Fleischmehl:				33.3	1.0	1.0	—
	In 200 g BADERSCHEM Fleischmehl				152.1	20.2	20.2	28.9
12	Ab unverdaulich				38.3	1.0	1.0	—
	Verdaut:				113.8	19.2	19.2	28.9
	V.-C.:				74.8	95.0	95.0	100
	In 781.2 g Gesamtkot				307.3	8.9	5.1	12.7
13	Ab unverdaulich von 1000 g Heu = 845.7 g Tr.-S.				269.4	7.2	4.3	14.1
	Unverdaulich vom BADERSCHEN Fleischmehl:				37.9	1.7	0.8	—
	In 200 g BADERSCHEM Fleischmehl				152.1	20.2	20.2	28.9
	Ab unverdaulich				37.9	1.7	0.8	—
13	Verdaut:				114.2	18.5	19.4	28.9
	V.-C.:				75.1	91.6	96.0	100
	In 909.4 g Gesamtkot				283.4	8.6	5.2	12.8
	Ab unverdaulich von 1000 g Heu = 845.7 g Tr.-S.				269.4	7.2	4.3	14.1
13	Unverdaulich vom BADERSCHEN Fleischmehl:				14.0	1.4	0.9	—
	In 300 g BADERSCHEM Fleischmehl				228.1	30.4	30.4	43.4
	Ab unverdaulich				14.0	1.4	0.9	—
	Verdaut:				214.1	29.0	29.5	43.4
Mittel V.-C. des BADERSCHEN Fleischmehls:				93.9	95.4	97.0	100	
				—	94.0	96.0	100	

Noch Tabelle D.

Hammel	VII. Lederabfall					Aus Ges.-N des Misch- kotes. Roh- protein-N	Aus Pepsin- HCl unlösl. N des Misch- kotes. Roh- protein-N	Fett
Nr.			Organ. Substanz	g	g	g	g	g
11	In 756.5 g Gesamtkot		312.7			9.0	5.4	14.3
	Ab unverdaulich von 1000 g Heu = 880.0 g Tr.-S.		280.4			7.5	4.5	14.7
	Unverdaulich vom Lederabfall:		32.3			1.5	0.9	—
	In 200 g Lederabfall		161.4			24.8	24.8	6.4
12	Ab unverdaulich		32.3			1.5	0.9	0
	Verdant:		129.1			23.3	23.9	6.4
	In 668.7 g Gesamtkot		80.0			94.0	96.4	100
	Ab unverdaulich von 1000 g Heu = 880.0 g Tr.-S.		283.6			8.4	6.0	13.7
13	Unverdaulich vom Lederabfall:		280.4			7.5	4.5	14.7
	In 200 g Lederabfall		3.2			0.9	0.5	—
	Ab unverdaulich		161.4			24.8	24.8	6.4
	Verdant:		3.2			0.9	0.5	0
13	In 807.4 g Gesamtkot		158.2			23.9	24.3	6.4
	Ab unverdaulich von 1000 g Heu = 880.0 g Tr.-S.		98.0			96.4	98.0	100
	Unverdaulich vom Lederabfall:		278.9			10.0	5.7	13.1
	In 300 g Lederabfall		280.4			7.5	4.5	14.7
13	Ab unverdaulich		0			2.5	1.2	—
	Verdant:		242.1			37.2	37.2	9.6
	In 300 g Lederabfall		0			2.5	1.2	0
	Ab unverdaulich		242.1			34.7	36.0	9.6
Mittel V.-C. der Lederabfälle:			100			93.3	96.8	100
						94.6	97.1	100

Noch Tabelle D.

Hammel	VIII. Hornmehl	Aus Ges.-N des Mischkotes. Rohprotein-N	Aus Pepsin-HCl unlös. N des Mischkotes. Rohprotein-N	Fett
Nr.		g	g	g
7	In 884.8 g Gesamtkot	34.1	30.1	13.5
	Ab unverdaulich von 1000 g Heu = 880.0 g Tr.-S.	7.5	4.5	14.7
	Unverdaulich vom Hornmehl:	26.6	25.6	—
	In 200 g Hornmehl	30.3	30.3	1.2
14	Ab unverdaulich	26.6	25.6	—
	Verdaut:	3.7	4.7	1.2
	V.-C.:	12.2	15.5	100
	In 1053.5 g Gesamtkot.	37.7	33.3	14.3
	Ab unverdaulich von 1000 g Heu = 880.0 g Tr.-S.	7.5	4.5	14.7
	Unverdaulich vom Hornmehl:	30.2	28.8	—
	In 200 g Hornmehl	30.3	30.3	1.2
	Ab unverdaulich	30.2	28.8	—
	Verdaut:	0.1	1.5	1.2
	V.-C.:	0.3	5.0	100

Verband landwirtschaftlicher Versuchs-Stationen im Deutschen Reiche.

Verhandlungen der 37. (ordentl.) Hauptversammlung des Verbandes

im Bürgerausschusssaal des Rathauses zu Heidelberg
am 15. Juni 1916.

Tagesordnung.

	Seite
1. Bericht des Vorstandes und Rechnungsablage	316
2. Zweite Lesung der Beschlüsse betreffend Untersuchung von Thomas- mehlen	319
3. Bericht des Ausschusses für Düngemitteluntersuchung. Bericht- erstatter: Prof. Dr. NEUBAUER.	
a) Neubearbeitung der allgemeinen und auf die Untersuchung der Düngemittel bezüglichen Anweisungen	320
b) Zusammenstellung der hauptsächlichsten jetzt geltenden Vor- schriften für das Entnehmen und Einsenden von Untersuchungs- proben	323
4. Bericht des Ausschusses für Futtermitteluntersuchung. Bericht- erstatter: Prof. Dr. FINGERLING.	
a) Neubearbeitung der für die Untersuchung der Futtermittel gültigen Anweisungen	323
b) Futtermittelbuch	324
5. Bericht des Ausschusses für Saatwarenuntersuchung. Berichterstatter: Ober-Reg.-Rat Prof. Dr. HILTNER.	
Die technischen Vorschriften für Untersuchung der Saatwaren	326
6. Wahlen zum Vorstand.	328
7. Neuwahlen der Mitglieder der Ausschüsse.	328
8. Verschiedenes	329
Versuchs-Stationen. LXXXIX.	21

Teilnehmerliste.

a) Mitglieder.

Dr. AUMANN, Prof., Hildesheim.
 Dr. BOMER, Prof., Münster i. W.
 Dr. EDLER, Geh. Hofrat, Prof., Jena.
 Dr. FINGERLING, Prof., Leipzig-Mückern.
 Dr. FRESSENIUS, Geh. Reg.-Rat, Prof., Wiesbaden.
 Dr. GERLACH, Prof., Bromberg.
 Dr. HAGEMANN, Prof., Bonn-Poppelsdorf.
 Dr. HAGER, Kempen.
 Dr. HASSELHOFF, Prof., Harleshausen.
 Dr. HENKEL, Prof., München.
 Dr. HERZFELD, Geh. Reg.-Rat, Prof., Berlin.
 Dr. HILTNER, Ober-Reg.-Rat, Prof., München.
 Dr. HONCAMP, Prof., Rostock i. M.
 Dr. IMMENDORFF, Hofrat, Prof., Jena.
 Dr. KLEBERGER, Prof., Giessen.
 Dr. KLIEN, Prof., Königsberg.
 Dr. KLING, Speyer (a. o. Mitglied).
 Dr. KRUG, Prof., Speyer.
 Dr. KRÜGER, Prof., Bernburg.
 Dr. KULISCH, Geh. Reg.-Rat, Prof., Colmar i. E.
 Dr. LEMCKE, Königsberg.
 Dr. LEMMERMAN, Prof., Berlin.
 Dr. MACH, Prof., Augustenberg.
 Dr. H. C. MÜLLER, Prof., Halle a. S.
 Dr. NEUBAUER, Prof., Bonn.

Dr. NOLTE, Göttingen (a. o. Mitglied).
 Dr. POPP, Prof., Oldenburg.
 Dr. REINHARDT, Insterburg.
 Dr. SCHANDER, Prof., Bromberg.
 Dr. SCHMOEGER, Prof., Danzig.
 Dr. SCHOLL, Münster (a. o. Mitglied).
 Dr. HUGO SCHULTZE, Prof., Braunschweig.
 Dr. TACKE, Geh. Reg.-Rat, Prof., Bremen.
 Dr. VOIGT, Prof., Hamburg.
 Dr. WEHNERT, Kiel.
 Dr. WOHLTMANN, Geh. Reg.-Rat, Prof., Halle.

b) Gäste.

Dr. BREUER, Hohenheim.
 Dr. DUBBERS, Geschäftsführer des Vereins der Thomasphosphatfabriken, Berlin.
 Dr. KRÜGEL, Direktor der Silesia, Vereins chemischer Fabriken, Ida- und Marienhütte b. Saarau, Vertreter des Vereins deutscher Düngerfabrikanten.
 SALZER, Geh. Ober-Reg.-Rat, Karlsruhe, Vorsitzender des landwirtschaftlichen Vereins im Grossherzogtum Baden.
 Dr. ULLRICH, Harleshausen.
 Dr. WALZ, Prof., Oberbürgermeister, Heidelberg.

Der Vorsitzende des Verbands, Geh. Regierungsrat Prof. Dr. TACKE, Bremen, eröffnet die 37. (ordentl.) Hauptversammlung des Verbands am 15. Juni 1916, morgens 9¹/₄ Uhr. Er begrüsst die Anwesenden und teilt mit, dass zu der Hauptversammlung die üblichen Einladungen ergangen sind. Ein Teil der Eingeladenen hat infolge Behinderung absagen müssen, von anderen ist bislang keine Nachricht eingegangen, vielleicht werden sie noch in der Sitzung erscheinen.

Der Herr Minister des Innern des Grossherzogtums Baden, zu dessen Geschäftsbereich die Landwirtschaft gehört, bedauert verhindert zu sein und hat mit seiner Vertretung Herrn Prof.

Dr. MACH beurlaubt, der Vertreter des Deutschen Landwirtschaftsrats Herr Prof. Dr. DADÉ ist ebenfalls heute verhindert, hat jedoch gestern an den Beratungen des Ausschusses für Düngemitteluntersuchung teilgenommen. Dem Vorsitzenden gereicht es zur besonderen Freude, namens des Verbandes den Oberbürgermeister der Stadt Heidelberg Herrn Prof. Dr. WALZ persönlich begrüßen und ihm den Dank dafür abstatten zu können, dass er für die gestrigen Verhandlungen der Ausschüsse die nötigen Räume, heute für die Hauptversammlung den schönen Saal des Rathauses zur Verfügung gestellt hat.

Der Vorsitzende begrüsst ferner als Vertreter des Vereins deutscher Düngerefabrikanten Herrn Dr. KRÜGEL und der Thomasphosphatfabriken Herrn Dr. DUBBERS.

Ihr Fernbleiben haben entschuldigt von den Mitgliedern des Verbandes die Herren LOGES, ZIELSTORFF, MITSCHERLICH, BAESSLER, SUCHTING, MORGEN, der zu seiner Vertretung Herrn BEGER ermächtigt hat, STEGLICH und EHRENBURG.

Oberbürgermeister Prof. Dr. WALZ heisst den Verband in der Stadt Heidelberg willkommen und weist auf die wichtigen Aufgaben der Landwirtschaft für die Ernährung der Bevölkerung in dieser Kriegszeit hin.

Prof. Dr. MACH, Augustenberg, begrüsst den Verband namens des Badischen Ministeriums des Innern mit folgenden Worten: Mir ist der Auftrag zuteil geworden, Sie im Namen des Grossh. Ministeriums des Innern in Baden willkommen zu heissen. Seine Exzellenz, der Herr Minister und die Herren des Ministeriums bedauern lebhaft, infolge der überaus starken Inanspruchnahme durch Dienstgeschäfte den Verhandlungen des Verbandes nicht anwohnen zu können. Das Grossh. Ministerium des Innern, das von jeher den Bestrebungen der Versuchs-Stationen das regste Interesse entgegengebracht und sie nach Möglichkeit zu fördern gesucht hat, wünscht auch heute ihren Beratungen einen allseitig zufriedenstellenden Verlauf.

Im Namen des Landwirtschaftlichen Vereins im Grossherzogtum Baden begrüsst dessen inzwischen erschienener Vorsitzender Geh. Oberregierungsrat SALZER, Karlsruhe, den Verband.

Der Vorsitzende dankt allen Rednern für ihre freundlichen Worte und Wünsche.

Punkt 1 der Tagesordnung.**Bericht des Vorstands und Rechnungsablage über das
Geschäftsjahr 1914/15.**

Der Vorsitzende führt zu diesem Punkt folgendes aus:

Die Absicht, gleich nach Beginn des neuen Jahres eine ordentliche Hauptversammlung zu berufen, um eine Reihe wichtiger Verhandlungsgegenstände, die den Verband seit längerer Zeit beschäftigen, endlich zu verabschieden, scheiterte leider daran, dass die Vorarbeiten nicht genügend weit gediehen waren. Das ist unterdessen nachgeholt worden und zu hoffen, dass in der heutigen Tagung diese Dinge ihre endgültige Erledigung finden.

Auch der Plan, eine sämtliche Kollegen lebhaft beschäftigende Frage heute zur Verhandlung zu stellen und wenn möglich eine Stellungnahme des Verbandes zu ihr herbeizuführen, die Frage der Anwendbarkeit der Ausgleichsrechnung auf Feldversuche, war nicht durchführbar, weil es leider nicht gelungen ist, die nötigen Berichterstatter hierfür zu gewinnen. Es ist seitens des Vorstandes des Verbandes beabsichtigt, baldigst nach dem Frieden eine gemeinsame Tagung des deutschen und österreichischen Verbandes landwirtschaftlicher Versuchs-Stationen zu veranlassen und begründete Aussicht vorhanden, dann in dieser Angelegenheit sachkundige Berichterstatter hören zu können. Die erforderlichen Schritte in dieser Richtung sind bereits getan. Eine Stellungnahme des Verbandes erscheint schon deshalb erwünscht, weil andere Stellen, wie z. B. die Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft, die beträchtliche Mittel für Feldversuche aufwenden, ihr Verhalten in dieser Sache von der Entscheidung des Verbandes abhängig machen.

Der Krieg hat auch unter unseren Mitarbeitern empfindliche Lücken gerissen. Soweit mir Nachricht zugegangen ist, starben im Dienste des Vaterlandes und auf dem Felde der Ehre ausser einer Reihe von Verwaltungs- und Hilfsbeamten folgende akademische Beamten von Versuchs-Stationen:

Der Vorsteher der wirtschaftlichen Abteilung der Versuchs- und Lehrbrauerei Prof. Dr. STRUVE vom Institut für Gärungsgewerbe in Berlin.

Der Abteilungsvorsteher für Versuchswesen Dr. W. FELLING an der Versuchs-Station in Oldenburg.

Der chemische Assistent der Landwirtschaftlichen Kontrollstation Berlin WENGLER.

Der chemische Assistent der Versuchs-Station Bonn Dr. ARM-
BRUSTMACHER.

Der Assistent des agrikultur-chemischen Laboratoriums der
Universität Giessen R. KNEIPP.

Der Assistent der Versuchs-Station Wiesbaden O. ECKARDT.

Der Abteilungsvorsteher der Versuchs-Station Hohenheim
Dr. R. NEUMANN.

Der Vorsteher des Versuchslaboratoriums des Landw.
Instituts der Universität Halle Dr. MARSHALL.

Der Assistent der Landwirtschaftlichen Versuchs-Station
Posen E. BAPPERT.

Die Assistenten der Versuchs-Station Münster in Westfalen
Dr. W. BURBERG, BR. DAVIDS und Dipl.-Ing. E. EHRLE.

Wir werden ihnen allen, die ihr Leben für das Vaterland
gelassen haben, ein treues Gedenken bewahren, und ich bitte Sie,
sich zum Zeichen dessen von Ihren Sitzen zu erheben.

Die zahllosen durch den Krieg auch auf unserem Arbeits-
gebiet neu aufgeworfenen Fragen haben die begutachtende
Tätigkeit des Verbandes vielfach in Anspruch genommen. Es
ist mit Sicherheit zu erwarten, dass auch nach dem Krieg
namentlich auf dem Gebiet der Futtermittelkontrolle eine ge-
steigerte Aufmerksamkeit der landwirtschaftlichen Versuchs-
Stationen notwendig sein wird und daher um so wichtiger, dass
die hierfür zugrunde gelegten Normen jetzt eine zusammen-
fassende Darstellung gefunden haben. Eine zu Ihrer Kenntnis
gebrachte Eingabe des Verbandsvorstandes an den Deutschen
Landwirtschaftsrat, die Festsetzung der Höchstpreise für Dünge-
mittel und die Verhältnisse auf dem Futtermittelmarkt betreffend,
ist vom Deutschen Landwirtschaftsrat an die zuständigen Stellen
weitergeleitet worden. An den vom Bundesrat getroffenen Preis-
bestimmungen konnte sie allerdings zunächst nichts mehr ändern.
Seitdem nimmt auch ein Mitglied des Verbandes ständig an den
in kürzeren Zwischenräumen im Preussischen Ministerium für Land-
wirtschaft, Domänen und Forsten stattfindenden Besprechungen
der Düngemittelinteressenten teil.

An den Sitzungen des Deutschen Landwirtschaftsrats und
seines ständigen Ausschusses hat der Vorsitzende als Vertreter
des Verbandes sich beteiligt, ferner sind dem Deutschen Land-
wirtschaftsrat auf seinen Wunsch Mitglieder des Verbandes als
sachverständige Berichterstatter zu den Verhandlungen des Aus-
schusses für Handelsgebräuche bezeichnet worden.

Seit der letzten Hauptversammlung haben stattgefunden 5 Vorstandssitzungen, 4 Sitzungen des Ausschusses für Futtermitteluntersuchung, 2 des Ausschusses für Düngemitteluntersuchung, 2 des Samenausschusses und eine des Ausschusses für Düngungsversuche.

Dem Verband gehören zur Zeit an

3 Ehrenmitglieder, 74 ordentliche und 16 ausserordentliche Mitglieder. Neu eingetreten ist als ordentliches Mitglied das Chemische Staatslaboratorium in Hamburg, das agrikulturchemische Laboratorium des landwirtschaftlichen Instituts der Universität Giessen, die Pflanzenschutzstelle an der Königl. landwirtschaftl. Akademie Bonn-Poppelsdorf, die Königl. Bayr. Saatuchtanstalt in Weihenstephan und das agrikultur-chemische Institut der Universität Königsberg, als ausserordentliches Mitglied Dr. NOLTE vom agrikultur-chemischen Institut der Universität Göttingen. Ausgeschieden ist die in Privatbesitz übergegangene Versuchs-Station für landwirtschaftliche Fütterungsversuche in Karstädt. Ein Wechsel ist eingetreten in der Leitung der landwirtschaftlichen Versuchs-Station in Kempen, wo Herr Dr. HAGER an die Stelle des Herrn Dr. FASSBENDER getreten ist, und bei der Versuchs-Station in Insterburg, wo Herr Dr. REINHARDT der Nachfolger des nach Königsberg berufenen Herrn Prof. Dr. ZIELSTORFF geworden ist. Herr Dr. FASSBENDER hat sich in einem liebenswürdigen Schreiben von dem Verbande verabschiedet, ich habe ihm die besten Wünsche des Verbandes für seinen Lebensabend ausgesprochen.

Aus dem Vorstand scheiden unter Berücksichtigung des Umstandes, dass 1915 keine Wahl vorgenommen worden ist, aus, die Herren AUMANN, HASELHOFF, FRESSENIUS, NEUBAUER, SCHMOEGER, HONCAMP, für die Neuwahlen vorzunehmen sind. Ausserdem sind für die verschiedenen Ausschüsse satzungsgemäss Neuwahlen erforderlich.

Der aus dem Vorjahre übernommene Kassenbestand belief sich auf 3360.56 M.

die Einnahme nach Erledigung der zur vor-jährigen Rechnung erhobenen Anstände

während des letzten Rechnungsjahres 1915 3338.95 „

zusammen: 6699.51 M.

Die Ausgaben betrugen 2040.89 „

somit bleibt ein Bestand (4. Januar 1916) von 4658.62 M.

Die Rechnungskommission hat die Rechnung geprüft und nichts beanstandet.

Für das laufende Rechnungsjahr 1916 habe ich, da der Zeitpunkt der Hauptversammlung unsicher war, um die Bedürfnisse des Verbandes zu decken, wiederum einen Beitrag von 40 Mark erheben lassen. Ich bitte sich nachträglich hiermit einverstanden zu erklären. (Geschicht.)

Punkt 2 der Tagesordnung.

Zweite Lesung der Beschlüsse betreffend Untersuchung von Thomasmehlen.

(Landwirtschaftliche Versuchs-Stationen 86 (1915), 179.)

Die Beschlüsse lauten:

1. Unter Bezugnahme auf die hinsichtlich der LORENZschen Methode vorgeschlagene Resolution (a. a. O. S. 177/78. Die Resolution wurde angenommen, siehe S. 207) wird vereinbart, bis auf weiteres die Kontrolluntersuchungen von Thomasmehl nach der Eisenzitratmethode in der bisher geprüften Modifikation nach der PORRSchen Vorschrift auszuführen.

Ergeben sich bei diesen Untersuchungen Schwierigkeiten, welche in dieser Methode begründet sind, so ist die Salzsäuremethode mit Abscheidung der Kieselsäure anzuwenden und dann ist das hierbei erzielte Ergebnis massgebend.

2. Wenn für die Nachuntersuchung eine 2. Probe verwendet wird, so handelt es sich nicht um eine Schiedsuntersuchung, sondern um eine neue, von der 1. Untersuchung unabhängige Prüfung, und hierfür muss eine sachgemässe Bezeichnung gewählt werden (Untersuchung einer 2. Probe).

Die Bezeichnung „Schiedsuntersuchung“ für eine solche Nachuntersuchung ist falsch und kann zu irrigen Auffassungen führen, die das Ansehen der Anstalt, die die 1. Untersuchung ausgeführt hat, schädigt. Für Schiedsuntersuchungen kann nur ein Teil der zur 1. Untersuchung verwendeten Probe dienen. Hierbei ist die Salzsäuremethode (Abscheidung der Kieselsäure) anzuwenden.

Die Beschlüsse werden in zweiter Lesung angenommen.

Punkt 3 der Tagesordnung.**Bericht des Ausschusses für Düngemitteluntersuchung.**

Berichterstatte: Prof. Dr. NEUBAUER.

a) Neubearbeitung der allgemeinen und auf die Untersuchung der Düngemittel bezüglichen Anweisungen.

Schon im Jahre 1913 hatte der Verbandsvorstand die Vorsitzenden der verschiedenen Ausschüsse um eine neue Zusammenstellung der gültigen Verbandsmethoden in urkundlicher Form ersucht. Die Arbeiten haben aus verschiedenen Gründen, vor allem durch den Krieg, starke Verzögerung erlitten, so dass die Ihnen vorgelegten Entwürfe erst heute zur Beschlussfassung reif sind.

Die letzte Zusammenstellung der im Verbande gültigen Methoden stammt aus dem Jahre 1904 und befindet sich im 60. Band der Landw. Versuchs-Stationen, S. 371 ff. Die späteren Beschlüsse musste man sich alle aus den Protokollen der Hauptversammlungen zusammensuchen. Es wäre natürlich eine sehr leichte Arbeit gewesen, die Zusammenstellung der Beschlüsse bis auf die Gegenwart zu ergänzen, der Ausschuss für Düngemitteluntersuchung hat es aber für notwendig gehalten, aus der bisherigen losen Aneinanderreihung von Beschlüssen ein einheitliches und übersichtliches Ganzes zu formen. Er hat sich bestrebt, nicht nur die vielen sprachlichen Härten zu mildern, sondern auch sachliche Unstimmigkeiten aufzuheben, ganz veraltetes, wie die Stickstoffbestimmung mit Natronkalk, auszuschalten, dafür aber die vielen an wichtigen Stellen der Vorschriften vorhandenen Lücken so weit auszufüllen, als es voraussichtlich ohne Entfesselung langer Erörterungen möglich ist.

Von solchen Lücken seien folgende genannt:

Bisher sind zur Stickstoffbestimmung nach KJELDAHL nur 2 Aufschliessverfahren zulässig, entweder unter Zusatz von Quecksilber mit einer im Liter 200 g Phosphorsäureanhydrid enthaltenden Schwefelsäure oder nach GUNNING-ATTERBERG mit 15 bis 18 g Kaliumsulfat auf 20 ccm Schwefelsäure. Der Aufschluss nur mit Schwefelsäure und Quecksilber ist also nicht zulässig.

Bei der Phosphorsäurebestimmung fehlt ein bindender Beschluss über die Herstellung der Ammoniumzitratlösung für die Zitratmethode, auch eine Vorschrift für die Ausführung der Fällung mit Magnesiamischung, so dass noch jetzt Meinungsverschiedenheiten darüber herrschen, ob man sie bei der Zitratmethode auf einmal oder tropfenweise zugeben soll. Ferner gibt es keine Anweisung für die Bestimmung der Gesamtphosphorsäure nach der Zitratmethode. Die gemeinsamen Analysen zur Feststellung der Brauchbarkeit der Zitratmethode bezogen sich nur auf wasser- und zitronensäurelösliche, nicht auf Gesamtphosphorsäure. Trotzdem wurde ein Beschluss gefasst, auch zur Bestimmung der Gesamtphosphorsäure nur die Zitratmethode zu verwenden. Allein für Rohphosphate sollte die Molybdänmethode vorgeschrieben bleiben.

Soll man zur Bestimmung der Gesamtphosphorsäure nach der Zitratmethode die Lösung mit Ammoniak neutralisieren und dann weiter wie bei Superphosphaten verfahren, oder soll man, wie es meist geschieht, einfach zur sauren Lösung 100 ccm Ammoniumzitratlösung geben, das ist die doppelte Menge der bei Superphosphaten verwandten? Soll man auch hier 25 ccm Magnesiamischung zugeben oder der grösseren Flüssigkeitsmenge entsprechend mehr, wie es die österreichische Vorschrift verlangt? Zum Aufschluss der Gesamtphosphorsäure dürfen verschiedene Säuregemische, schwefelsäurehaltige und schwefelsäurefreie, angewandt werden, trotzdem die vorgeschriebene Zitratmethode in den verschieden hergestellten Lösungen wegen ihres grossen Unterschiedes im Kalkgehalt abweichende Ergebnisse liefert.

An allen diesen Punkten sind jetzt eindeutige Anweisungen vorgeschlagen, die hoffentlich Ihre Zustimmung finden. Eine recht empfindliche Lücke bleibt leider immer noch offen, das ist das Fehlen einer im Gegensatz zur konventionellen Zitratmethode als absolut mit der Wahrheit übereinstimmend anerkannten Methode der Phosphorsäurebestimmung. Auch hier hoffe ich Ihnen bald Vorschläge machen zu können.

Der Berichterstatter trägt dann an der Hand eines den Verbandsmitgliedern schon im Februar 1916 übersandten, inzwischen vom Ausschuss noch in einigen Punkten geänderten Entwurfs die allgemeinen Anweisungen und dann die für die

Untersuchung von Düngemitteln vor und stellt dann namens des Düngerausschusses den Antrag, den Entwurf in erster Lesung anzunehmen.

Die Erörterung beschränkt sich auf nur wenige Punkte des Entwurfs.

Im Entwurf war vorgeschlagen worden, für die Berechnungen der chemischen Untersuchungen die Atomgewichte in den neuesten von der Internationalen Atomgewichtskommission herausgegebenen Atomgewichtstabellen zu benutzen. FRESSENIUS hält es für richtiger, den bisher gültigen Verbandsbeschluss, der die Benutzung der Atomgewichtstabellen von 1907 vorschreibt, zunächst noch beizubehalten.

Auf NEUBAUERS Wunsch stellt die Versammlung zunächst fest, dass in der Abstimmung über diese Frage die einfache Stimmenmehrheit entscheidet. Er tritt dann für die Anwendung der jeweilig neuesten Atomgewichte ein. Sowie die zuständige wissenschaftliche Kommission eine Änderung vorgenommen habe, müssten die abgeänderten Zahlen als veraltet angesehen werden. Wenn die Änderungen auch geringfügig seien, so könnten sie bei Schiedsuntersuchungen doch eine erhebliche praktische Bedeutung erlangen. Auch der österreichische Verband schreibe seinen Mitgliedern die Benutzung der neuesten Tabelle vor.

Die Abstimmung ergibt die Annahme des Antrages von FRESSENIUS.

Nach dem Entwurf soll zur Herstellung des wässerigen Auszugs von Superphosphaten für die Bestimmung der wasserlöslichen Phosphorsäure das früher übliche Ausschütteln ganz abgeschafft und durch das schon seit mehreren Jahren daneben zugelassene Ausdrehen wie bei Thomasmehlen ersetzt werden. Um den Versuchs-Stationen zur Beschaffung der neuen Einrichtungen Zeit zu lassen, wird auf den Antrag H. SCHULTZES beschlossen, dass es bis zur nächsten Hauptversammlung noch erlaubt sein soll, nach der alten Vorschrift zu arbeiten.

Endlich wird in der Vorschrift (50) der Bestimmung des Wassergehalts von Rohphosphaten das Wort „etwa“ vor der Temperaturangabe von 100° gestrichen.

Die Anweisungen kommen sodann einstimmig so zur Annahme, wie sie in der Anlage zu diesem Protokoll abgedruckt sind.

b) Zusammenstellung der hauptsächlichsten jetzt geltenden Vorschriften für das Entnehmen und Einsenden von Untersuchungsproben.

Der Berichterstatter führt folgendes aus:

Unser Verband hat sich in der ersten Zeit seines Bestehens die grösste Mühe gegeben, einheitliche Gebräuche im Handel mit landwirtschaftlich wichtigen Rohstoffen einzuführen. Dazu gehörten auch die Probenahmenvorschriften. Leider haben die damaligen Verhandlungen nicht zum Ziele geführt, und es ist eine Menge zwar in vieler Hinsicht übereinstimmender, aber in wesentlichen Punkten auch voneinander abweichender Vorschriften entstanden. Da es nun sicherlich zu den Aufgaben unseres Verbandes gehört, die Vorschriften über die Entnahme und Einsendung von Untersuchungsproben auf ihre Zweckmässigkeit zu prüfen und an ihrer Verbesserung mit zu arbeiten, und da die Versuchs-Stationen auch jederzeit in der Lage sein müssen, auf Anfragen über diesen Gegenstand einheitliche Auskünfte zu geben, so hielt der Vorstand die Herausgabe einer übersichtlichen Zusammenstellung der wichtigsten jetzt gebräuchlichen Vorschriften für notwendig. Der vorliegende Entwurf soll allen Verbandsmitgliedern übersandt werden mit der Bitte um Durchsicht und Vervollständigung. Nach dem Eintreffen der Antworten soll die endgültige Zusammenstellung erfolgen und zugleich eine Übersicht über die Abweichungen der verschiedenen Vorschriften. Von der späteren Veröffentlichung in der Verbandszeitschrift könnten ja die einzelnen Versuchs-Stationen sich Sonderabdrücke für ihren Gebrauch machen lassen. Die Zusammenstellung würde auch eine gute Grundlage für spätere Verhandlungen zu der sehr wünschenswerten Vereinheitlichung der Vorschriften geben.

Die Vorschläge des Berichterstatters werden ohne Erörterung angenommen.

Punkt 4 der Tagesordnung.

Bericht des Ausschusses für Futtermitteluntersuchung.

Berichterstatter: Prof. Dr. FINGERLING.

a) Neubearbeitung der für die Untersuchung der Futtermittel gültigen Anweisungen.

Der Ausschuss für Futtermitteluntersuchung hat die auf Analyse, Prüfung und Wertschätzung der Futtermittel bezüglichen

Beschlüsse des Verbandes zusammengestellt und durchberaten. Das Ergebnis der Beratungen habe ich allen Verbandsmitgliedern zugestellt. In der gestern stattgefundenen Schlussberatung hat sich nur noch eine kleine Änderung als notwendig herausgestellt. Bei der Behandlung der beiden Methoden zur Untersuchung von Futterkalken war dem geschichtlichen Werdegang nach verfahren worden. Um jedoch Missverständnissen im voraus zu begegnen, schlägt der Futtermittelausschuss vor, bei der unter (35) angegebenen Methode statt der $\frac{1}{2}$ stündigen Rotierzeit eine 3stündige zu setzen. Dadurch wird die von KELLNER vorgeschlagene Modifikation, nach der 5 g Futterkalk mit PETERMANNScher Zitratlösung zu 500 ccm aufgefüllt und 3 Stunden lang im Rotierapparat geschüttelt werden sollen, überflüssig. Da ferner die Herstellung der PETERMANNSchen Zitratlösung zweckmässigerweise nach derselben Vorschrift erfolgt, wie sie bereits bei den auf die Düngemittel bezüglichen Anweisungen angegeben ist, so schlägt der Ausschuss für Futtermitteluntersuchung ferner vor, unter (35) anstatt der dort aufgeführten Vorschrift zur Herstellung der Zitratlösung folgendes zu setzen:

Die Bereitung der PETERMANNSchen Ammoniumzitratlösung erfolgt nach der bereits in den Anweisungen zur Untersuchung von Düngemitteln unter (18) und (19) gegebenen Vorschrift.

In der Erörterung weist H. SCHULTZE darauf hin, dass es sehr wünschenswert sei, die Fettbestimmungsmethode namentlich in Futtermitteln mit leicht verharzenden Ölen (Leinpressrückständen) einer erneuten Prüfung zu unterziehen.

Die Zusammenstellung der Anweisungen für die Untersuchung der Futtermittel wird sodann angenommen in der als Anlage zu diesem Protokoll abgedruckten Form.

b) Futtermittelbuch.

Der Berichterstatter FINGERLING führt folgendes aus:

Wie Sie wissen, ist schon seit Jahren im Verbands der Gedanke erwogen worden, die Gesichtspunkte festzulegen, nach denen beim Einkauf von Kraftfuttermitteln seitens des Landwirts zur Wahrung seiner berechtigten Interessen zu verfahren ist. Die Forderungen, die in dieser Richtung zum Schutze des kaufenden Landwirtes aufgestellt worden sind, kamen oft genug zur Erörterung. Es ist daher verständlich, dass der Wunsch,

sie zu sammeln und in die Form eines kleinen, allgemein verständlichen Futtermittelbuches zu bringen, immer dringlicher wurde, zumal vor einigen Jahren vom Verbands der Grosshändler ein Büchlein herausgegeben wurde, das die Frage vom Gesichtspunkte des Händlers aus betrachtet. Dass der Verband in manchen Fragen anderer Ansicht ist, wissen Sie alle.

Der Futtermittelausschuss hat sich nun im Auftrage des Verbandes der Aufgabe unterzogen, eine Art Leitfaden für den kaufenden Landwirt zu verfassen, der die gewünschte Orientierung ermöglichen soll. Im Interesse einer gründlichen Bearbeitung wurden mit der Ausarbeitung der einzelnen Kapitel solche Kollegen betraut, denen besondere Erfahrungen zur Seite standen. Der Entwurf ist wiederholt durchberaten worden und zwar zuletzt an der Hand der Fassung, die Ihnen bereits zugesandt wurde.

Sehr eingehend wurde die Frage erörtert, ob das Futtermittelbuch jetzt oder erst nach Rückkehr normaler Verhältnisse veröffentlicht werden solle. Da aber die meisten der besprochenen Kraftfuttermittel gegenwärtig überhaupt nicht vorhanden sind, war der Futtermittelausschuss der Ansicht, von einer Veröffentlichung vorerst zwar abzusehen, das durch den Druck vervielfältigte Manuskript aber zum internen Gebrauch den Versuchs-Stationen zuzustellen mit der Bitte, das Büchlein im praktischen Gebrauch zu prüfen und etwaige Wünsche dem Futtermittelausschuss zu übermitteln. Nach Jahresfrist soll alsdann das auf diese Weise gesammelte Material gesichtet und bei der endgültigen Redaktion verwertet werden. Ich betone daher nochmals, das Ihnen demnächst zugehende Manuskript ist noch nicht für die Öffentlichkeit, sondern zunächst für den internen Gebrauch bestimmt.

In der Erörterung schliesst sich H. SCHULTZE der Ansicht an, dass eine Veröffentlichung jetzt nicht zweckmässig sei, auch um Polemiken zu vermeiden. Später seien solche Auseinandersetzungen aber im Gegenteil sehr nötig. Die Kriegszeit habe uns eine Reihe minderwertiger und wertloser Futtermittel unter irreführenden Namen und andere Missstände gebracht, zu denen entschieden Stellung genommen werden müsse.

Die Versammlung erklärt sich sodann mit den Vorschlägen des Ausschusses einverstanden.

Punkt 5 der Tagesordnung.

Bericht des Ausschusses für Saatwarenuntersuchung.

Berichterstatter: Ober-Reg.-Rat Prof. Dr. HILTNER.

Die technischen Vorschriften für Untersuchung der Saatwaren.

Der Ausschuss für Samenprüfungen hat am 21. und 22. Mai d. J. in Leipzig die Technischen Vorschriften einer sehr eingehenden Beratung unterzogen. Schon im Februar d. J. hatte ich an sämtliche Versuchs-Stationen des Verbandes, soweit sie irgendwie an der Samenkontrolle interessiert sind, die Bitte gerichtet, Vorschläge zur Vervollständigung und Verbesserung der Technischen Vorschriften zu machen. Diesem Wunsche haben erfreulicherweise zahlreiche Stationen entsprochen und auf Grund der gemachten Vorschläge, namentlich aber der ausführlichen Bearbeitung einzelner Abschnitte der Vorschriften durch verschiedene Ausschussmitglieder war es möglich, wiederum sämtlichen Samenkontrollstationen schon längere Zeit vor der Leipziger Tagung eine ziemlich umfangreiche Übersicht über alle Vorschläge zuzusenden. An den Beratungen in Leipzig haben dann nicht nur die Mitglieder des Ausschusses, sondern auch verschiedene andere Verbandsangehörige teilgenommen, so dass wohl gesagt werden kann, dass die neue Bearbeitung der Technischen Vorschriften unter Mitwirkung des gesamten Verbandes erfolgte. Da nun die Zusammenstellung der in Leipzig gefassten Beschlüsse ebenfalls sämtlichen Stationen, soweit sie mit Samenkontrolle zu tun haben, bereits vor einiger Zeit übersandt wurde und da ferner in der gestrigen Ausschusssitzung über alle noch ungeklärten Punkte vollständige Übereinstimmung erzielt wurde, so dürfte es wohl nicht notwendig sein, heute alle Einzelheiten durchzusprechen. Im Auftrag des Ausschusses für Samenprüfungen und in Übereinstimmung mit den Wünschen des Herrn Verbandsvorsitzenden erlaube ich mir daher vorzuschlagen, Sie möchten die Beschlüsse des Ausschusses im ganzen annehmen. Bei Annahme dieses Vorschlages wären nur einige Fragen zur Erörterung zu stellen, die erst in der gestrigen Ausschusssitzung ihre Erledigung fanden.

Nicht unterlassen möchte ich, besonders hervorzuheben, dass die Unterlagen für die neue Bearbeitung der einzelnen

Abschnitte der Technischen Vorschriften folgenden Herren zu verdanken sind:

Getreide	STEGLICH, Dresden.
Grassämereien	VOIGT, Hamburg,
Kleesämereien	GROSSER, Breslau,
Futter- und Zuckerrübensamen	MÜLLER, Halle; KRÜGER, Bernburg; HERZFELD, Berlin.

In der gestrigen Ausschusssitzung wurde beschlossen, dass die neue Formel für Minderwertsberechnung bei Rübensamen, die Herr Kollege KRÜGER aufgestellt hat, in die Technischen Vorschriften vorläufig nicht aufgenommen werden soll, da wir z. Zt. an die deutschen Normen gebunden sind. Herr KRÜGER hält die in diesen Normen gegebene Formel für falsch, er wird demnächst in einer besonderen Veröffentlichung den Nachweis dafür erbringen und seine Formel erläutern. Unter den gegebenen Verhältnissen muss aber diese Formel erst Aufnahme in die deutschen Normen finden, bevor sie von uns übernommen werden kann.

Es wurde ferner beschlossen, die deutschen Normen für Zucker- und Runkelrübensamen den Technischen Vorschriften für Samenprüfung als Anhang beizugeben.

Endlich habe ich der Hauptversammlung den Vorschlag zu unterbreiten, Zustimmung dazu erteilen zu wollen, dass die Ihnen bekannten, von einer Reihe von landwirtschaftlichen Vereinigungen und unter Mitwirkung mehrerer Verbandsmitglieder aufgestellten Vorschriften über die Untersuchung von Kartoffelproben auch vom Verband anerkannt und ebenfalls als Anhang den Technischen Vorschriften für Samenprüfung angefügt werden.

Die Versammlung erklärt sich ohne Erörterung mit den Vorschlägen des Ausschusses einverstanden. Auch die nunmehr gültige Neubearbeitung der Technischen Vorschriften für die Samenprüfung mit Anhängen ist diesem Protokoll angeheftet.

Unter dem Beifall der Versammlung dankt der Vorsitzende den Ausschüssen für die grosse und wichtige Arbeit, die sie dem Verband geleistet haben.

Punkt 6 der Tagesordnung.

Wahlen zum Vorstand.

Es sind Neuwahlen vorzunehmen für die satzungsgemäss ausscheidenden Vorstandsmitglieder. Es sind dies

für 1915: AUMANN, HASELHOFF und NEUBAUER;

für 1916: FRESSENIUS, HONCAMP und SCHMOEGER.

Die auf Antrag MACHS durch Stimmzettel erfolgende Wahl ergibt die Wiederwahl aller Ausgeschiedenen.

Als Stellvertreter des Vorsitzenden wird HASELHOFF durch Zuruf wiedergewählt.

Alle Gewählten nehmen die Wahl an.

Auf Vorschlag des Vorsitzenden wird ferner AUMANN als Rechnungsprüfer neben HASELHOFF für das von diesem Amt zurückgetretene Mitglied LOGES gewählt.

Ferner wird AUMANN neben HASELHOFF als Vertreter des Verbandes in den Ausschuss zur Wahrung der Interessen des Chemikerstands gewählt.

AUMANN nimmt beide Wahlen an.

Punkt 7 der Tagesordnung.

Neuwahlen der Mitglieder der Ausschüsse.

Die letzten Wahlen haben 1912 in der Hauptversammlung in Münster stattgefunden. Da sie alle drei Jahre zu wiederholen sind, wäre der Termin für die Neuwahl schon der Herbst 1915 gewesen, wo aber keine Hauptversammlung stattgefunden hat. Die jetzt vorzunehmenden Wahlen gelten also für die Jahre 1916 bis 1918.

Die Ergebnisse der Wahlen (fast ausschliesslich Wiederwahlen) sind im folgenden zusammengestellt. Die beiden ersten $\frac{1}{2}$ fett gedruckten Namen bei jedem Ausschuss bezeichnen der Reihe nach den Vorsitzenden und stellvertretenden Vorsitzenden des Ausschusses, nach den Ergebnissen der später von den Ausschüssen vorgenommenen Wahlen.

1. Düngemitteluntersuchung: 7 Mitglieder. **Neubauer, Mach**, AUMANN, FRESSENIUS, KULISCH, MÜLLER, POPP.

2. Futtermitteluntersuchung: 8 Mitglieder. **Fingerling, Neubauer**, BÖMER, HASELHOFF, HONCAMP, KRÜGER, MACH, VOIGT.

3. Saatwarenuntersuchung: 10 Mitglieder. **Hiltner, Voigt, Edler, Grosser, v. Kirchner, Krüger, Müller, Rodewald, Schmoeger, Steglich.**

4. Bodenuntersuchung: 7 Mitglieder. **Immendorff, Lemmermann, Ehrenberg, Gerlach, Hiltner, Krüger, Tacke.**

5. Düngungsversuche: 7 Mitglieder. **Gerlach, Tacke, Immendorff, Krüger, Lemmermann, Omeis, Schneidewind.**

6. Fütterungsversuche: 9 Mitglieder. **Honcamp, Fingerling, Bömer, Gerlach, Hagemann, Fr. Lehmann, Morgen, Pfeiffer, Schneidewind.**

7. Pflanzenproduktion und Pflanzenschutz: 8 Mitglieder. **Edler, Gerlach, Hiltner, v. Kirchner, Krüger, Schander, Schneidewind, Steglich.**

8. Ausschuss für technische Nebengewerbe: 7 Mitglieder. **Windisch, Weigmann, Bömer, Delbrück, Henkel, Herzfeld, Hittcher.**

9. Ausschuss für die Untersuchung von Pflanzenschutzmitteln und anderen landwirtschaftlichen Gebrauchsgegenständen: 6 Mitglieder. **Mach, Kullisch, Bömer, Kleemann, Krug, Omeis.**

Punkt 8 der Tagesordnung.

Verschiedenes.

FINGERLING berichtet, dass der Futtermittelausschuss in der letzten Hauptversammlung in Hannover beauftragt worden ist, sein Augenmerk auf die Verfälschungen der Futtermittel mit Kochsalz zu richten. Der Ausschuss hat bei Erörterung dieser Frage festgestellt, dass in der Tat in Futtermitteln vielfach ein sehr hoher Kochsalzgehalt anzutreffen ist, der die grösste Aufmerksamkeit bei der Untersuchung nötig macht. Der Futtermittelausschuss empfiehlt daher, künftig alle Futtermittel qualitativ, erforderlichenfalls quantitativ in dieser Richtung zu prüfen.

Die Versammlung ist mit diesem Vorschlag einverstanden.

FINGERLING berichtet weiter im Namen des Futtermittelausschusses: Vor einigen Jahren hatte der Verband beschlossen, eine Anweisung zur mikroskopischen Untersuchung der Futtermittel auszuarbeiten, um eine einheitlichere Beurteilung der Futtermittel auf Grund der mikroskopischen Untersuchung anzustreben. Kollege BARNSTEIN hat sich schon vor Jahren der

mühevollen Arbeit unterzogen, einen Entwurf anzufertigen, der wiederholt durchberaten und allen Versuchs-Stationen vor einigen Jahren zugestellt worden ist. Der Futtermittelausschuss hat diese Anweisung zur mikroskopischen Untersuchung der Futtermittel nunmehr fertiggestellt, und das Manuskript befindet sich im Druck. Nach Beendigung der Drucklegung wird Ihnen die Anweisung zugehen. Sie ist nicht zur Veröffentlichung bestimmt, sondern soll nur im inneren Dienst der Versuchs-Stationen benutzt werden.

Der dritte Punkt, worüber FINGERLING namens des Futtermittelausschusses berichtet, ist folgender:

Infolge Mangels an eiweisshaltigen Kraftfuttermitteln ist in letzter Zeit Knochenschrot in den Handel gebracht worden. Bei Untersuchung dieser Knochenschrote wurde ihr Gehalt an stickstoffhaltigen Substanzen von einigen Versuchs-Stationen als Protein angesprochen und dementsprechend im Untersuchungsbefund gekennzeichnet. Gegen diese Kennzeichnung sind nun Bedenken laut geworden, und der Futtermittelausschuss hat sich in seiner gestrigen Sitzung mit dieser Frage befasst. Er ist dabei zu dem Ergebnis gekommen, dass die Bezeichnung Protein für die im Knochenschrot enthaltenen stickstoffhaltigen Verbindungen zwar wissenschaftlich zu rechtfertigen ist, dass es sich aber zwecks Vermeidung von irrigen Anschauungen seitens der kaufenden Landwirte empfiehlt, im Untersuchungsbericht die genannten Verbindungen wie folgt zu charakterisieren: Stickstoffhaltige Bestandteile, bestehend aus Leim und leimgebendem Gewebe.

BÖMER weist auf Schwierigkeiten hin, die diese Anregung mit sich bringt, da ja alle möglichen Übergänge zwischen Fleischmehl und Knochenmehl vorkommen. Auch im Fischfuttermehl bestehe ein bemerkenswerter Teil der stickstoffhaltigen Stoffe aus Leim.

FINGERLING: Der Ausschuss ist sich der Schwierigkeiten bewusst. Der grösste Übelstand ist der, dass eine analytische Trennungsmethode von Reineiweiss und Leim nicht bekannt ist. Es kann nun zu Irrtümern über den Nähr- und Preiswert eines Futtermittels führen, wenn das nach den üblichen Verfahren ermittelte „verdauliche Eiweiss“ in Wirklichkeit zu einem grossen Teil oder ganz aus Leim besteht, der nur Eiweiss sparen, es aber nicht ersetzen kann. Im Hinblick auf diese

Verhältnisse bitte ich der Anregung des Ausschusses nachzukommen und die Einsender von Proben neuartiger Futtermittel auch auf die Natur der Stickstoffsubstanz möglichst aufmerksam zu machen, wenn nach der Natur des Futtermittels anzunehmen ist, dass ein wesentlicher Teil der Stickstoffsubstanz aus Leim oder leimgebendem Gewebe besteht.

Die Versammlung ist mit dem Vorschlage einverstanden.

Endlich macht FINGERLING im Namen des Futtermittel-ausschusses noch folgende Mitteilungen über Mischfuttermittel:

Wie Sie wissen, hat der Verband angesichts der Schwierigkeiten, die sich der Kontrolle der Mischfuttermittel auf Zusammensetzung und Beschaffenheit, sowie bezüglich der Güte der verwendeten Futterstoffe entgegenstellten, vor einigen Jahren den Beschluss gefasst, Mischfuttermittel nicht mehr befürwortend zu begutachten. Diese Massnahme war um so notwendiger, als die tausendfältige Erfahrung gelehrt hat, dass der kaufende Landwirt durch den Mischfuttermittelhandel nicht nur insofern benachteiligt wurde, als er die durch die Mischung entstehenden Kosten zu tragen hatte, sondern auch vielfach dadurch zu Schaden kam, dass durch die Mischung geringwertigere Stoffe zu einem den Futterwert übersteigenden Preise an den Mann gebracht wurden.

Durch die Futtermittelnot, die infolge des Krieges in Erscheinung getreten ist, haben sich indessen die Grundlagen dieses Verbandsbeschlusses insofern verschoben, als durch den Kriegsausschuss für Ersatzfuttermittel eine Reihe von Ersatzfuttermitteln geschaffen worden ist, deren zweckmässige Verwertung im landwirtschaftlichen Interesse liegt. Um diese Hilfsstoffe möglichst vollkommen auszunützen, sollen seitens des Kriegsausschusses für Ersatzfuttermittel Mischfuttermittel hergestellt werden und zu diesem Behufe

1. die Rohstoffe und die Mischung durch eine dem Verband angehörige Versuchs-Station auf ihre Zusammensetzung und ihren Frischzustand untersucht werden;
2. das Mischungsverhältnis stets angegeben und dem Abnehmer mitgeteilt werden;
3. die Zweckmässigkeit der verschiedenen Mischungsverhältnisse durch Fütterungsversuche experimentell ermittelt werden;
4. die einzelnen Ersatzfutterstoffe auch im unvermischten Zustande in den Verkehr gebracht werden;

5. den Versuchs-Stationen sowohl die Art der Mischfutter, ihre Zusammensetzung, wie die Ergebnisse der Fütterungsversuche bekannt gegeben werden.

Schliesslich soll noch erwähnt werden, dass bei der Herstellung der Mischfuttermittel der sachkundige Rat eines oder mehrerer Verbandsmitglieder eingeholt werden soll.

Der Futtermittelausschuss hat dann noch den Wunsch ausgesprochen, dass nicht zu viele Mischfuttermittel hergestellt werden möchten.

Die Versammlung ist mit dieser Art des Zusammenarbeitens der Versuchs-Stationen mit dem Kriegsausschuss für Ersatzfuttermittel einverstanden. Sie erblickt darin während der Dauer der durch den Krieg hervorgerufenen Futtermittelnot eine zweckmässige Massnahme, namentlich um die nur in kleiner Menge vorhandenen Eiweissträger möglichst gerecht zu verteilen. Die Bereitwilligkeit des Verbandes, dem Kriegsausschuss für Ersatzfuttermittel in der angegebenen Weise zur Herstellung einer kleinen Zahl von Mischfuttermitteln behilflich zu sein, verstösst keineswegs gegen die Stellung, die der Verband den Mischfuttermitteln gegenüber einnimmt. Da sich die Qualität und das Mischungsverhältnis der Gemengteile an den fertigen Gemischen im allgemeinen nicht mehr mit der nötigen Sicherheit feststellen lassen, sind und bleiben diese künstlichen Gemische Vertrauenssache und es ist notwendig, alle die oben genannten für die Vertrauenswürdigkeit nötigen Sicherungen zu treffen, die im freien Handel nicht geschaffen werden können.

Im Anschluss an diese Erörterungen entspinnt sich noch ein Austausch der Meinungen und Erfahrungen über neuere Ersatzfuttermittel, namentlich den Strohstoff. Es beteiligen sich daran besonders FINGERLING, GERLACH, HAGEMANN, KLEBERGER, KLING, H. C. MÜLLER, H. SCHULTZE und TACKE.

Damit sind die Verhandlungsgegenstände der 37. (ordentl.) Hauptversammlung des Verbandes erledigt.

FRESENIUS dankt dem Vorsitzenden unter lebhafter Zustimmung der Anwesenden für die gute Vorbereitung und Leitung der Versammlung.

Schluss 1 Uhr 15 mittags.

TACKE. NEUBAUER.

Liste der Mitglieder des Verbandes landwirtschaftlicher Versuchs-Stationen im Deutschen Reiche.

Juni 1916.

a) Ehrenmitglieder.

1. Geh. Regierungsrat Professor Dr. TH. DIETRICH, Hannover, Gellertstrasse 9,
2. Geh. Regierungsrat Professor Dr. phil. ing. h. c. J. KÖNIG, Münster i. W., Südstrasse 70,
3. Geh. Hofrat Professor Dr. FR. NOBBE, Tharandt b. Dresden.

b) Ordentliche Mitglieder.

1. Professor Dr. C. AUMANN, Landw. Versuchsstation Hildesheim,
2. Professor Dr. P. BAESSLER, Landw. Versuchsstation Köslin in Pommern,
3. Dr. BIELER, Landw. Versuchsstation Posen,
4. Professor Dr. A. BOEMER, Landw. Versuchsstation Münster i. W., Südstrasse,
5. Professor Dr. J. BUCHWALD, Botan.-bakteriolog. Abteilung der Versuchsanstalt für Getreideverarbeitung Berlin N. 65, Seestrasse 4a,
6. Geh. Regierungsrat Professor Dr. M. DELBRÜCK, Institut für Gärungsgewerbe Berlin N. 65, Seestrasse 4a,
7. Geh. Hofrat Professor Dr. O. DRUDK, Königl. pflanzen-physiologische Versuchsstation Dresden-A., Stübellee 2,
8. Geh. Hofrat Professor Dr. W. EDLER, Landw. Versuchsstation an der Universität Jena, Landw. Abteilung,
9. Professor Dr. PAUL EHRENBERG, Agrikultur-chemisches Institut der Universität Göttingen,
10. Professor Dr. G. FINGERLING, Königl. Sächs. landw. Versuchsstation Leipzig-Möckern,
11. Dr. FR. FLEISCHMANN, Milchwirtschaftliches Institut Weihenstephan b. Freising in Bayern,
12. Professor Dr. FOERSTER, Landw. Kontrollstation Berlin NW., Kronprinzen-ufer 4,
13. Geh. Regierungsrat Professor Dr. H. FRESSENIUS, Landw. Versuchsstation Wiesbaden,
14. Dr. A. GEIGER, Milchwirtschaftliche Untersuchungsanstalt Memmingen (Bayern),
15. Professor Dr. M. GERLACH, Direktor des Kaiser-Wilhelms-Instituts für Landwirtschaft, Bromberg, Agrikultur-chemische und bakteriolog. Versuchsanstalt,
16. Dr. W. GROSSE, Agrikultur-botanische Versuchsstation Breslau 10, Matthiasplatz 1,
17. Professor Dr. O. HAGEMANN, Tierphysiologisches Institut der landw. Akademie Bonn-Poppelsdorf,
18. Dr. M. HAGEN, Landw. Untersuchungsanstalt Augsburg,
19. Dr. G. HAGER, Landw.-chemische Versuchsstation Kempen a. Rhein,
20. Professor Dr. E. HASELHOFF, Landw. Versuchsstation Harleshausen b. Cassel,
21. Professor Dr. C. v. D. HEIDE, Oenochemische Versuchsstation Geisenheim (Rhein),
22. Professor Dr. TH. HENKEL, Landw. Zentral-Versuchsstation für Bayern, München,

23. Geh. Regierungsrat Professor Dr. A. HERZFELD, Institut für Zuckerindustrie Berlin N. 65, Amrumerstrasse,
24. Ober-Regierungsrat Professor Dr. L. HILTNER, Königl. Agrikultur-botanische Anstalt München, Osterwaldstrasse 9 f,
25. Dr. K. HITTCHER, Versuchsstation und Lehranstalt für Molkereiwesen, Königsberg i. Pr., Tragheimer Kirchenstrasse 8,
26. Professor Dr. F. HONCAMP, Landw. Versuchsstation Rostock i. M.,
27. Hofrat Professor Dr. H. IMMENDORFF, Landw. Versuchsstation an der Universität Jena, Agrikultur-chemische Abteilung,
28. Professor Dr. O. v. KIRCHNER, Königl. Samenprüfungsanstalt Hohenheim b. Stuttgart,
29. Professor Dr. KIESSLING, Königl. Bayr. Saatzuchtanstalt Weihenstephan (Bayern),
30. Professor Dr. KLEBERGER, Leiter des agrikultur-chemischen Laboratoriums des landw. Instituts der Universität Giessen,
31. Dr. A. KLEMMANN, Königl. landw. Kreis-Versuchsstation für Mittelfranken Triesdorf (Bayern),
32. Professor Dr. G. KLIEN, Landw. Versuchsstation Königsberg i. Pr.,
33. Geh. Hofrat Professor Dr. C. KRAUS, Landw. Laboratorium und Versuchsfeld der Königl. Technischen Hochschule München,
34. Professor Dr. OTTO KRUG, Landw. Kreis-Versuchsstation Speyer (Pfalz),
35. Professor Dr. W. KRÜGER, Herzogl. Anh. Versuchsstation Bernburg (Anhalt),
36. Geh. Regierungsrat Professor Dr. P. KULISCH, Kaiserl. landw. Versuchsstation Colmar i. Elsass,
37. Professor Dr. F. LEHMANN, Landw. Versuchsstation Göttingen,
38. Dr. ALFRED LEMCKE, Vorsteher der Samenkontrollstation der Landwirtschaftskammer für die Provinz Ostpreussen, Königsberg i. Pr., Beethovenstrasse 14,
39. Professor Dr. O. LEMMERMANN, Agrikultur-chemische Versuchsstation für die Provinz Brandenburg, Berlin Nr. 4,
40. Hofrat Professor Dr. G. LOGES, Agrikultur-chemische Versuchsstation Pommritz b. Bautzen (Sachsen),
41. Professor Dr. F. MACH, Grossherzogl. Bad. landw. Versuchsanstalt Augustenberg b. Grötzingen (Baden),
42. Königl. Reg.-Assessor TH. MAYER, Königl. Moorkulturanstalt München,
43. Professor Dr. E. A. MITSCHERLICH, Abteilung für Pflanzenbau der Universität Königsberg i. Pr., Tragheimer Kirchenstr. 74,
44. Professor Dr. A. MORGEN, Landw. Versuchsstation Hohenheim b. Stuttgart,
45. Professor Dr. H. C. MÜLLER, Agrikultur-chemische Kontrollstation Halle a. S., Karlstr. 10,
46. Professor Dr. H. NEUBAUER, Landw. Versuchsstation Bonn a. Rhein, Weberstr. 61,
47. Dr. M. P. NEUMANN, Chemische Abteilung der Versuchsanstalt für Getreideverarbeitung, Berlin N. 65, Seestr. 4 a,
48. Professor Dr. TH. OMEIS, Landw. Kreis-Versuchsstation Würzburg,
49. Geh. Regierungsrat Professor Dr. TH. PFEIFFER, Agrikultur-chemisches Institut der Universität Breslau 10, Matthiasplatz 5,
50. Professor Dr. M. POPP, Landw. Versuchsstation Oldenburg i. Gr., Pferdemarkt 5,

51. Dr. O. PROVE, Landw. Kreis-Feld-Versuchsstation Kaiserslautern,
52. Professor Dr. P. RABE, Chemisches Staatslaboratorium Hamburg 36, Jungiusstr. 9,
53. Dr. F. REINHARDT, Versuchsstation und öffentl. Nahrungsmitteluntersuchungsamt Insterburg, Ostpreussen,
54. Professor Dr. H. RODEWALD, Samenkontrollstation Kiel,
55. Dr. E. SCHAFFNIT, Vorsteher der Pflanzenschutzstelle an der Königl. landwirtschaftlichen Akademie Bonn-Poppelsdorf,
56. Professor Dr. SCHANDER, Abteilung für Pflanzenkrankheiten des Kaiser-Wilhelms-Instituts für Landwirtschaft Bromberg, Bülowplatz,
57. Dr. CHR. SCHÄTZLEIN, Vorsteher der chemischen Station der Königl. Lehr- und Versuchsanstalt für Wein- und Obstbau Neustadt a. d. Haardt,
58. Professor Dr. M. SCHWÖGER, Landw. Versuchs- und Kontrollstation Danzig,
59. Professor Dr. W. SCHNEIDEWIND, Agrikultur-chemische Versuchsstation Halle a. S., Karlstr. 10,
60. Professor Dr. H. SCHULTZE, Landw. Versuchsstation Braunschweig, Eiermarkt 6,
61. Professor Dr. B. SCHULZE, Agrikultur-chemische Versuchs- und Kontrollstation Breslau 10, Matthiasplatz 5,
62. Regierungsrat Professor Dr. B. STEGLICH, Landw. Abteilung der Königl. pflanzenphysiol. Versuchsstation Dresden-A., Stübelallee 2,
63. Dr. W. STÖRMER, Anstalt für Pflanzenbau und Pflanzenschutz der Landwirtschaftskammer für Pommern, Stettin, Werderstr. 31/32,
64. Professor Dr. H. SÜCHTING, Chem. Institut der Königl. Forst-Akademie Hann.-Münden,
65. Geh. Regierungsrat Professor Dr. BR. TACKE, Moor-Versuchsstation Bremen,
66. Dr. C. TEICHERT, Württ. Käserei-Versuchs- und Lehranstalt Wangen (Allgäu, Württemberg),
67. Versuchsstation für Pflanzenschutz Halle a. d. Saale,
68. Professor Dr. A. VOIGT, Hamburgische Botanische Staatsinstitute, Hamburg 6, Jungiusstr.
69. Dr. H. WEHNERT, Agrikultur-chemische Versuchsstation Kiel,
70. Professor Dr. H. WEIGMANN, Versuchsstation für Molkereiwesen Kiel.
71. Dr. FR. WIEDEMANN, Kontrollstation der städt. Versuchsanstalt für Nahrungs- und Genussmittel Regensburg.
72. Professor Dr. H. WINDISCH, Technologisches Institut Hohenheim bei Stuttgart.
73. Geh. Regierungsrat Professor Dr. WOHLTMANN, Vorsteher des Versuchslaboratoriums des landwirtschaftlichen Instituts Halle a. d. S., Ludwig-Wuchererstr. 2.
74. Professor Dr. W. ZIELSTORFF, Agrikultur-chemisches Institut der Universität Königsberg i. Pr.

c) Ausserordentliche Mitglieder.

1. Dr. BLANCK, Abteilungsvorsteher der landw. Versuchsstation Rostock i. M.
2. Dr. DINSLAGE, Landw. Versuchsstation Münster i. W.
3. Dr. GÖTTSCHE, Landw. Versuchsstation Rostock i. M.
4. Dr. HASENBÄUMER, Landw. Versuchsstation Münster i. W.
5. Dr. HEINRICH, Landw. Versuchsstation Rostock i. M.

6. Dr. KALB, Landw. Versuchsstation Hildesheim.
7. Jos. KERN, Abteilungsvorsteher der landw. Versuchsstation Kempen (Rhein).
8. Dr. M. KLING, Abteilungsvorsteher der landw. Kreis-Versuchsstation Speyer.
9. Dr. KOPP, Landw. Versuchsstation Münster i. W.
10. Professor Dr. LOOSS, Grossherzogl. Bad. landw. Versuchsanstalt Augustenberg bei Grötzingen (Baden).
11. Dr. OTTO NOLTE, Agrikultur-chemisches Institut der Universität Göttingen, Nikolausbergerweg 54 II.
12. Dr. A. SCHOLL, Landw. Versuchsstation Münster i. W.
13. Professor Dr. A. SPIECKERMANN, Landw. Versuchsstation Münster i. W.
14. Dr. W. SUTTHOFF, Landw. Versuchsstation Münster i. W.
15. Dr. WEHNER, Landw. Versuchsstation Hildesheim.
16. Dr. ZIMMERMANN, Landw. Versuchsstation Rostock i. M.

Zusammensetzung des Vorstands und der Ausschüsse des Verbands landw. Versuchs-Stationen im Deutschen Reiche nach den Wahlen in der 37. (ordentlichen) Hauptversammlung zu Heidelberg 1916.

Die beiden ersten $\frac{1}{2}$ fett gedruckten Namen bei dem Vorstand und den Ausschüssen bezeichnen der Reihe nach den Vorsitzenden und stellvertretenden Vorsitzenden. Die übrigen Mitglieder sind in alphabetischer Reihenfolge aufgeführt.

a) Vorstand:

9 Mitglieder.

Tacke, Haselhoff, Aumann, Edler, Fresenius, Honcamp, Mach, Neubauer, Schmoeger.

b) Ausschüsse:

1. Düngemitteluntersuchung: 7 Mitglieder. **Neubauer, Mach, Aumann, Fresenius, Kulisch, Müller, Popp.**
2. Futtermitteluntersuchung: 8 Mitglieder. **Fingerling, Neubauer, Bömer, Haselhoff, Honcamp, Krüger, Mach, Voigt.**
3. Saatwarenuntersuchung: 10 Mitglieder. **Hiltner, Voigt, Edler, Grosser, v. Kirchner, Krüger, Müller, Rodewald, Schmoeger, Steglich.**
4. Bodenuntersuchung: 7 Mitglieder. **Immendorff, Lemmermann, Ehrenberg, Gerlach, Hiltner, Krüger, Tacke.**
5. Düngungsversuche: 7 Mitglieder. **Gerlach, Tacke, Immendorff, Krüger, Lemmermann, Omeis, Schneidewind.**
6. Fütterungsversuche: 9 Mitglieder. **Honcamp, Fingerling, Bömer, Gerlach, Hagemann, Fr. Lehmann, Morgen, Pfeiffer, Schneidewind.**
7. Pflanzenproduktion und Pflanzenschutz: 8 Mitglieder. **Edler, Gerlach, Hiltner, v. Kirchner, Krüger, Schander, Schneidewind, Steglich.**
8. Ausschuss für technische Nebengewerbe: 7 Mitglieder. **Windisch, Weigmann, Bömer, Delbrück, Henkel, Herzfeld, Hittcher.**
9. Ausschuss für die Untersuchung von Pflanzenschutzmitteln und anderen landwirtschaftlichen Gebrauchsgegenständen: 6 Mitglieder. **Mach, Kulisch, Bömer, Klemann, Krug, Omeis.**

Verband landwirtschaftlicher Versuchs-Stationen im Deutschen Reiche.

Anweisungen für die Untersuchung von Düngemitteln, Futtermitteln und Saatwaren.

Vorbemerkungen.

Die folgenden Anweisungen beruhen auf den in den Hauptversammlungen bis zur 37. vom 15. Juni 1916 einschliesslich gefassten Verbandsbeschlüssen.

Die letzte Zusammenstellung dieser Art reicht bis zum Jahre 1904 und findet sich im 60. Band der „Landwirtschaftlichen Versuchs-Stationen“, S. 371 ff.

Nach § 19, Absatz 2 und 3 der Verbandssatzungen sind für die Einführung neuer oder die Abänderung bestehender Untersuchungsmethoden nur einstimmig von den in den Hauptversammlungen anwesenden Stimmberechtigten gefasste Beschlüsse bindend.

Nach § 13 der Satzungen haben auf den vom Vorstand als begründet anerkannten Antrag von fünf ordentlichen Verbandsmitgliedern die ständigen Ausschüsse die Methoden, die von diesen fünf Mitgliedern in Zweifel gezogen werden, neu zu prüfen und in der nächsten Hauptversammlung über das Ergebnis dieser Prüfungen zu berichten.

Allgemeine Anweisungen.

Vorschriften für die Probenahme.

I. Die vom Verband empfohlenen Vorschriften für die Probenahme von Düngemitteln, Futtermitteln und Saatgut sind besonders zusammengestellt.

Verstösse gegen die Probenahmenvorschriften.

II. Soll die Untersuchung als Grundlage für die Auseinandersetzung zwischen Käufer und Verkäufer über den Wert der Ware dienen, so hat die Versuchsstation den Einsender auf erkennbare Verstösse gegen die Probenahmenvorschriften aufmerksam zu machen und sie im Untersuchungsbericht anzugeben.

Gewichtsbestimmung der Proben.

III. Das Gewicht der Probe ist bei ihrer Ankunft zu bestimmen und im Untersuchungsbericht zu vermerken.

Aufbewahrung der Proben.

IV. Soweit als möglich sind die Restproben und etwa mitgesandte uneröffnet bleibende Proben eine Zeitlang in zweckmässiger Weise aufzubewahren, und zwar, wenn keine besonderen Abmachungen vorliegen, wenigstens 6 Wochen lang nach Erteilung des Untersuchungsberichts.

Mechanische Vorbereitung der Proben.

V. Bei der mechanischen Vorbereitung der Proben für die Untersuchung ist der grösste Wert auf die Herstellung einer gleichmässigen Mischung zu legen. Über die Zerkleinerung sind bei einigen Stoffen besondere Anweisungen gegeben. Besondere Vorkehrungen sind auch zu treffen bei Proben, deren Wassergehalt sich während der Verarbeitung ändern kann. Aus ihnen sind sofort Anteile zur Bestimmung des ursprünglichen Wassergehalts zu entnehmen, auf den die gefundenen Ergebnisse umzurechnen sind.

Wasserbestimmung.

VI. Als Wasser oder Feuchtigkeit gilt gewöhnlich der Gewichtsverlust bei etwa 100°. Bei einigen Stoffen sind für diese Bestimmung besondere Anweisungen gegeben.

Atomgewichte.

VII. Für die Berechnungen der chemischen Untersuchungen sind die Atomgewichte in den im Jahre 1907 von der Internationalen Atomgewichtskommission herausgegebenen Atomgewichtstabellen zu benutzen. Die für die LORENZsche Phosphorsäurebestimmung und die Kalibestimmung mit Platinchlorwasserstoff zu verwendenden empirischen Faktoren sind an den betreffenden Stellen besonders angegeben.

Abweichungen von den Anweisungen.

VIII. Sollte in Ausnahmefällen die Natur oder die zu geringe Menge der Untersuchungsprobe die genaue Befolgung der allein vorgeschriebenen oder der als gewöhnlich anzuwenden bezeichneten Anweisung nicht zulassen, so ist die Abweichung im Untersuchungsbericht zu vermerken.

Anweisungen für die Untersuchung von Düngemitteln.

Über die nach der letzten Zusammenstellung (Landwirtschaftliche Versuchs-Stationen 60, 1904, S. 371 ff.) gefassten Beschlüsse betreffend Düngemitteluntersuchung ist berichtet an folgenden Stellen der Landwirtschaftlichen Versuchs-Stationen. Die Angaben beziehen sich auf die 1. Lesung. In der 2. ist an dem Beschluss nichts mehr geändert worden:

Atomgewichte: Band 68, S. 117; Band 72, S. 353.

Bezeichnung des Ammoniakstickstoffs in den Untersuchungsberichten: Band 78, S. 45.

Bestimmung der freien Säure im technischen schwefelsauren Ammoniak: Band 85, S. 247.

Berechnung des Perchloratgehalts im Chilesalpeter: Band 68, S. 133.

Herstellung des wässerigen Auszugs von Superphosphat: Band 85, S. 248.

Bestimmung der wasserlöslichen Phosphorsäure nach der LOBENZschen Methode: Band 81, S. 188; Band 85, S. 250.

Bestimmung der wasserlöslichen Phosphorsäure in Doppelsuperphosphaten: Band 72, S. 356.

Herstellung der PETERMANNschen Ammoniumzitratlösung: Band 72, S. 363.

Bestimmung der zitronensäurelöslichen Phosphorsäure in Thomasmehlen: Band 71, S. 223; Band 85, S. 242; Band 86, S. 177, 179.

Bestimmung des Kalis mit Überchlorsäure: Band 62, S. 217.

Methoden der Kalibestimmung: Band 71, S. 188.

Titrationmethoden zur Wertbestimmung der Kalkdüngemittel: Band 85, S. 231.

Analysenspielräume: Band 68, S. 103; Band 71, S. 190, 224.

Stickstoffbestimmung.

Ammoniakstickstoff.

(1). Zur Bestimmung des Ammoniakstickstoffs ist gewöhnlich eine wässrige Lösung herzustellen und aus einem aliquoten Teil das Ammoniak mit möglichst kohlenstofffreier gebrannter Magnesia in titrierte Säure überzudestillieren.

(2). Das Ergebnis ist im Untersuchungsbericht als Ammoniakstickstoff zu bezeichnen. Die Bezeichnungen wasserlöslicher Ammoniakstickstoff und Gesamt-Ammoniakstickstoff sind zu vermeiden. Es bleibt aber jedem überlassen, den Zusatz zu machen: Bestimmt aus der wässrigen Lösung.

Nitratstickstoff.

(3). Der Nitratstickstoff ist nach einer direkten Methode zu bestimmen. Ausser der KÜHNschen Methode¹⁾ sind die Methoden von ULSCH²⁾, DEVARDA³⁾, LUNGE⁴⁾, SCHLÖSING-GRANDEAU⁵⁾ und JODLBAUER-FÖRSTER⁶⁾ zu empfehlen.

Organischer Stickstoff.

(4). Der Stickstoff in organischer Form ist gewöhnlich nach dem Verfahren von KJELDAHL zu bestimmen. Es eignet sich nicht für Pyridin- und Chinolinabkömmlinge und ist bei Gegenwart von Nitraten und Nitriten nur mit gewissen Abänderungen zu benutzen.

(5). Das KJELDAHLsche Verfahren wird gewöhnlich in der Abänderung von WILFARTH mit Zusatz von Quecksilber ausgeführt. Statt unvermischter konzentrierter Schwefelsäure wird auch solche nach Zusatz von Phosphorpentoxyd (bis 200 g auf 1 l) angewandt, oder es wird nach dem Vorschlag von GUNNING-ATTEBERG die Substanz erst mit konzentrierter Schwefelsäure und Quecksilber erwärmt und nach Aufhören des Schäumens Kaliumsulfat (auf 20 ccm Schwefelsäure bis zu 18 g) zugesetzt. Notwendig ist, die durch blinde Bestimmungen mit einem stickstofffreien beim Erhitzen mit Schwefelsäure verkohlenden organischen Stoff (am besten etwa 1 g Salizylsäure) ermittelten kleinen Stickstoffmengen in den Reagentien von dem Ergebnis in Abzug zu bringen. Die Lauge muss frei von Nitraten und Nitriten sein.

¹⁾ Chemiker-Zeitung 1899, S. 196, 229, 255.

²⁾ Chemiker-Zeitung 1890, S. 1410.

³⁾ Methodenbuch des Verbandes der landwirtschaftl. Versuchs-Stationen in Österreich 1. Ausgabe 1913, S. 45.

⁴⁾ Chem. Ind. 1881, S. 347.

⁵⁾ TREADWELL, Lehrbuch der analytischen Chemie, II. Band, 6. Auflage, S. 382.

⁶⁾ Chemiker-Zeitung 1889, S. 229.

Stickstoffbestimmung in Stoffen, die Ammoniak-, Nitrat- und organischen Stickstoff zugleich enthalten.

(6). Der Ammoniakstickstoff kann leicht durch Destillation mit Magnesia bestimmt werden, und seine Gegenwart stört auch nicht die Bestimmung des Gesamtstickstoffs. Zur Bestimmung des Nitratstickstoffs eignen sich besonders die Verfahren von GRANDEAU oder LUNGE oder nach dem Abdestillieren des Ammoniaks die unter (3) genannten Reduktionsmethoden, die auch zur Bestimmung der Summe von Ammoniak- und Nitratstickstoff dienen können. Der Gesamtstickstoff ist nach KJELDAHL-JODLBAUER-FÖRSTER oder nach ULSCH-KJELDAHL zu bestimmen.

Die Trennung und Bestimmung der verschiedenen Stickstoffformen kann allerdings namentlich bei Gegenwart leicht zersetzlicher stickstoffhaltiger organischer Stoffe besondere Schwierigkeiten bieten, über deren Bewältigung sich keine allgemeinen Anweisungen geben lassen.¹⁾

Phosphorsäurebestimmung.

Reagentien zur Phosphorsäurebestimmung.

Zitratmethode.

Ammoniumzitratlösung.

(7). Man stellt sich zunächst eine Zitronensäurelösung her, die in 1 Liter 800 Gramm kristallisierte Zitronensäure enthält. Von dieser Lösung werden 1.25 Liter in einer 10-Liter-Flasche mit etwa 4 Liter Wasser und 3.5 Liter Ammoniakflüssigkeit vom spezifischen Gewicht $0.91 \frac{15^{\circ}}{15^{\circ}}$ übergossen. Die Flüssigkeit wird nach dem Abkühlen mit Wasser auf 10 Liter gebracht. Die Ammoniakzugabe hat langsam unter fleissigem Umschütteln und am besten unter Kühlung zu erfolgen, damit Ammoniakverluste möglichst vermieden werden. Zu geringer Ammoniakgehalt der Zitratlösung ist eine Fehlerquelle.

(8). Verlustfrei hergestellte und aufbewahrte Zitratlösung enthält in 1 Liter 100 g kristallisierte Zitronensäure und 7.96 g Gesamtammoniak, entsprechend 6.55 g Stickstoff. Davon sind 5.53 g freies Ammoniak entsprechend 4.54 g Stickstoff.

¹⁾ Über die Bestimmung des Nitratstickstoffs vergl. TH. PFEIFFER und H. THURMANN, Landwirtschaftl. Versuchs-Stationen 46 (1896), S. 1.

(9). Zur Prüfung verdünnt man 25 ccm der Ammonium-zitratlösung (am besten mit einem auf Einguss geeichten und nachzuspülenden Maßkölbchen gemessen) auf 1 Liter und verwendet davon 50 ccm zur Ammoniakbestimmung. Diese 50 ccm entsprechen 1.25 ccm der ursprünglichen Zitratlösung. Sie müssen bei Ausschluss aller Verluste 0.0818 g Ammoniak-Stickstoff enthalten.

Magnesiummischung.

(10). 550 g kristallisiertes Magnesiumchlorid, 700 g Ammoniumchlorid und 2.5 Liter Ammoniakflüssigkeit vom spez. Gewicht $0.96 \frac{15^0}{15^0}$ werden mit Wasser auf 10 Liter gelöst.

Statt des zerfliesslichen Magnesiumchlorids kann nach dem Vorschlag von LOGES¹⁾ das nicht hygroskopische Doppelsalz Magnesium-Ammoniumchlorid unter entsprechender Verminderung der Menge Ammoniumchlorid verwandt werden. Der Vorsicht halber ist der Magnesiumgehalt des Doppelsalzes nachzuprüfen.

LORENZsche Molybdänmethode.

Sulfat-Molybdänreagens.

(11). Man übergiesst in einem reichlich 10 Liter fassenden, nicht zu engen Glaszylinder oder einer Flasche mit weiter Öffnung mit einer bei 10 Liter Fassungsraum angebrachten Marke 500 g Ammonsulfat mit 4500 ccm Salpetersäure vom spez. Gewicht $1.40 \frac{15^0}{15^0}$ und rührt mit einem kräftigen Glasstab etwas um. Vollständige Lösung des Salzes ist nicht nötig. Ferner übergiesst man in einer Porzellanschale 1500 g zerkleinertes Ammonmolybdat mit etwa 4 Liter siedend heissem Wasser, in dem es sich beim Umrühren bald auflöst. Man kühlt die Lösung auf Zimmertemperatur ab, giesst sie unter Umrühren in dünnem Strahl in die ammoniumsulfathaltige Salpetersäure, lässt die Lösung erkalten, füllt dann auf 10 Liter auf, mischt, filtriert und hebt das fertige Reagens in einer Flasche aus braunem Glas mit eingeschliffenem Glasstopfen an einem dunklen und kühlen Ort auf. Zur Abscheidung etwa in den Reagentien vorhandener Phosphorsäure lässt man die Lösung vor der Benutzung etwa 2 Tage stehen.

¹⁾ Chemiker-Zeitung 1884, S. 1743.

Salpetersäure vom spezifischen Gewicht

$$1.20 \frac{15^{\circ}}{15^{\circ}} \text{ (1.19 bis 1.21).}$$

(12). Die Salpetersäure von dieser Konzentration ist eine gewöhnliche Handelsmarke. Man kann sie auch herstellen durch Vermischen von 500 ccm Salpetersäure von 1.40 spezifischem Gewicht mit 700 ccm Wasser.

Schwefelsäurehaltige Salpetersäure.

(13). Man giesst 30 ccm Schwefelsäure vom spezifischen Gewicht $1.84 \frac{15^{\circ}}{15^{\circ}}$ zu 1 Liter Salpetersäure vom spezifischen Gewicht $1.20 \frac{15^{\circ}}{15^{\circ}}$ (1.19 bis 1.21) und mischt.

Zweiprozentige wässerige Lösung von reinem Ammoniumnitrat.

(14). Wenn die Lösung nicht schon schwach sauer reagiert, ist sie ganz schwach mit Salpetersäure anzusäuern.

Azeton.

(15). Es genügt das gewöhnliche Acetonum purissimum des Handels. Das Azeton ist in Flaschen aus braunem Glas aufzubewahren. Chemisch reines Azeton hat den Siedepunkt 56.3° und die Dichte $0.7971 \frac{15^{\circ}}{4^{\circ}}$. Für den vorliegenden Zweck brauchbares Azeton muss sich mit dem gleichen Volumen Wasser klar mischen, neutral reagieren, keine über 60° siedenden Anteile enthalten und den folgenden Prüfungen auf die Abwesenheit beachtenswerter Mengen von Wasser, Ammoniak und Aldehyd genügen.

Das Azeton darf entwässertes Kupfersulfat beim Schütteln höchstens ganz blassblau färben, sonst ist es mit Kaliumkarbonat zu schütteln und wieder zu destillieren.

Ein in den Stopfen der Azetonflasche eingeklemmter, in den Luftraum über dem Azeton hängender angefeuchteter Streifen rotes Lackmuspapier darf sich auch im Verlauf einiger Zeit nicht bläuen, sonst muss das Azeton mit etwas fein gepulverter Oxalsäure geschüttelt und wieder destilliert werden.

Zur Prüfung auf Aldehyd erhitzt man nach MEBCK, „Prüfung der chemischen Reagenzien auf Reinheit“, 10 ccm Azeton mit 5 ccm ammoniakalischer Silberlösung 15 Minuten lang im Dampfbad. Die Flüssigkeit darf sich dabei nicht bräunlich färben.

Zur leichteren Wiedergewinnung des Azetons muss es beim Filtrieren besonders aufgefangen werden. Das gebrauchte Azeton sammelt man in einer Flasche von braunem Glas und destilliert es unter Verwendung eines guten Destillationsaufsatzes ab, wegen seiner leichten Entzündlichkeit am besten nicht über offener Flamme. Die von 55 bis 60° übergehenden Anteile sind wieder als Waschflüssigkeit verwendbar, wenn sie sich als genügend wasserfrei erweisen. Die unter 55° übergehenden Anteile sind zu verwerfen. Die nicht bei 60° übergegangenen Rückstände sammelt man in einer Flasche von braunem Glas. Man setzt Kaliumkarbonat zu, das dem Azeton das Wasser entzieht. Die wässrige Schicht trennt man ab und wiederholt das Verfahren, bis sich das Kaliumkarbonat nicht mehr ganz auflöst. Das nunmehr abgegossene Azeton schüttelt man zur Bindung des aus dem Ammonnitrat entstandenen Ammoniaks mit gepulverter Oxalsäure bis zur schwach sauren Reaktion, filtriert und destilliert das Filtrat wieder, wie oben angegeben. Der Rückstand dieser Destillation wird verworfen.

Zweiprozentige Zitronensäure für die Bestimmung der zitronensäurelöslichen Phosphorsäure in Thomasmehlen.

(16). Unter 2 %iger Zitronensäure ist hier zu verstehen eine wässrige Lösung, die 2 Gewichtsteile krist. Zitronensäure in 100 Volumteilen enthält.

Man stellt sich zunächst eine fünfmal so starke, also in dem genannten Sinne 10 %ige Vorratslösung her, indem man 1 kg chemisch reine kristallisierte unverwitterte Zitronensäure in Wasser löst und die Lösung auf 10 Liter verdünnt. Die Lösung kann durch Zugabe von 5 g Salizylsäure haltbarer gemacht werden.

Prüfung der Säurekonzentration dieser Vorratslösung.

(17). Man verdünnt von der Vorratslösung 50 ccm auf 500 und nimmt davon 50, entsprechend 0.5 g Zitronensäure. Diese

werden mit der Stickstofflauge unter Anwendung von Phenolphthalein titriert. Da die Zitronensäure $C_6H_8O_7 + H_2O$ das Molekulargewicht 210.11 hat, 42.03 Stickstoff neutralisiert und beide Zahlen zufällig fast genau im Verhältnis von 5:1 stehen, so ist die Menge der in 1 Liter der Vorratslösung enthaltenen krist. Zitronensäure dieselbe Zahl wie die in Milligramm ausgedrückte Menge Stickstoff, der die zur Neutralisation verbrauchte Titrierlauge entspricht.

Beispiel: 1 ccm Titrierlauge entspricht 2.532 mg Stickstoff. Zur Neutralisation von 50 ccm der, wie angegeben, verdünnten Zitronensäure werden verbraucht 39.5 ccm. Also enthält 1 Liter Vorratslösung $2.532 \cdot 39.5 = 100.0$ g krist. Zitronensäure, wie es sein soll.

1 Volumenteil der Vorratslösung wird nun mit Wasser auf 5 Volumenteile verdünnt und so die 2%ige Zitronensäure erhalten.

Ammoniumzitratlösung nach PETERMANN.

(18). Die folgende Vorschrift ist leichter und sicherer auszuführen als die PETERMANNSche Originalvorschrift (Landwirtsch. Vers.-Stat. 60, 241), und führt zu derselben Lösung:

Auf jedes Liter der herzustellenden Lösung werden 173 g reine, unverwitterte, kristallisierte Zitronensäure gelöst und so viel Ammoniakflüssigkeit, deren Gehalt durch Titration zu ermitteln ist, langsam und unter Kühlung zugesetzt, dass auf 1 Liter der fertigen Lösung 42.0 g Ammoniak-Stickstoff entfallen. Man braucht 536.9 ccm Ammoniakflüssigkeit vom spez. Gewicht $\frac{15^0}{15^0}$, da diese in 1 Liter $\frac{15^0}{15^0}$ 78.22 g Ammoniak-Stickstoff enthält. Man lässt nun auf 15^0 erkalten und füllt mit Wasser von 15^0 auf das herzustellende Volumen auf. Das spez. Gewicht der Lösung ist 1.082 bis $1.083 \frac{15^0}{15^0}$.

(19). Zur Kontrolle der fertigen Lösung bestimmt man ausser dem spezifischen Gewicht den Stickstoffgehalt. Man verdünnt 25 ccm auf 250 ccm und nimmt davon 25, entsprechend 2.5 ccm der ursprünglichen Lösung. Es müssen darin enthalten sein 0.1050 g Stickstoff.

Eisenzitratsmethode.

Eisenzitratlösung.

(20). Man verwendet die schon unter (7) genannte Zitronensäurelösung, die in 1 Liter 800 g Zitronensäure enthält. Von dieser Lösung werden 1.25 Liter in eine mit einer Marke für 5 Liter versehene Glasflasche gebracht, die gegen Temperaturwechsel nicht zu empfindlich ist. Man löst ferner 30 g Eisenchlorid (unzersetzt, leicht und klar löslich) unter schwachem Erwärmen in etwa 50 ccm Wasser, giesst die Lösung auf die Zitronensäure und spült mit wenig Wasser nach. Nun giesst man sehr langsam unter fleissigem Umschütteln und unter Kühlung 3.5 Liter Ammoniakflüssigkeit vom spez. Gewicht 0.91 $\frac{15^0}{15^0}$ zu.

(21). Die Eisenzitratlösung enthält in dem halben Volumen dieselben Mengen Zitronensäure und Ammoniak wie die unter (7) beschriebene Ammoniumzitratlösung. Zur Prüfung verfährt man deshalb genau so, wie dort angegeben ist, nur mit dem Unterschied, dass man von der verdünnten Lösung (25 ccm auf 1 Liter) nicht 50, sondern 25 ccm verwendet, die 0.625 ccm der ursprünglichen Eisenzitratlösung entsprechen. Sie müssen bei Ausschluss aller Verluste dieselben Ammoniakmengen enthalten, wie unter (8) angegeben.

Wasserstoffsuperoxyd.

(22). 100 ccm des 30 %igen Perhydrols Merck werden auf 1 Liter verdünnt. Die Haltbarkeit der Lösung wird durch Zusatz von 5 ccm Alkohol verbessert.

(23). Eine Lösung von gleicher Wirksamkeit lässt sich auch aus Natriumperborat herstellen. Man löst etwa 150 g Natriumperborat und 60 g Zitronensäure mit Wasser auf 1 Liter. Die richtige Menge Natriumperborat muss erst durch Titration einer Probelösung gefunden werden. Zur Verbesserung der Haltbarkeit setzt man 5 ccm Alkohol auf 1 Liter zu.

Prüfung.

(24). 50 ccm der gebrauchsfertigen Lösung dürfen, nach dem Eindampfen auf etwa 10 ccm mit etwas Ammonchlorid, Ammoniak und Magnesiamischung versetzt, sich auch nach längerem Stehen nicht trüben. Der Gehalt ist am besten jodometrisch oder mittels Titanochlorid zu bestimmen.

Die Auflösung der Substanz für die Phosphorsäurebestimmung.

Wasserlösliche Phosphorsäure.

(25). Es werden 20 g Superphosphat in eine **STOHMANN**-sche Literflasche oder 10 g in eine **STOHMANN**sche Halbliterflasche gebracht, mit Wasser bis zur Marke aufgefüllt und die Flaschen in der Drehvorrichtung bei 30 bis 40 Umläufen in der Minute eine halbe Stunde lang bei Zimmertemperatur gedreht. Die Flüssigkeit wird dann sogleich filtriert.

Von Doppelsuperphosphat wird dieselbe Menge in der Maßflasche bis fast zum Hals aufgefüllt und 24 Stunden lang unter öfterem gelegentlichem Umschütteln sich selbst überlassen. Dann wird zur Marke aufgefüllt, umgeschüttelt und filtriert.

Zitronensäurelösliche Phosphorsäure.

(26). 5 g Thomasmehl werden in eine trockne **STOHMANN**sche Halbliterflasche gebracht. Der Flaschenhals soll wenigstens 2 cm lichte Weite und über der Marke eine Länge von wenigstens 8 cm besitzen. Die Probe wird nun mit 2%iger Zitronensäure von 17.5° übergossen, die Flasche damit bis zur Marke gefüllt und genau eine halbe Stunde in der Drehvorrichtung, die in der Minute 30 bis 40 Umläufe macht, gedreht. Sofort nach dieser Zeit wird filtriert.

Gesamtphosphorsäure.

(27). Von **RoL**phosphaten und anderen Stoffen ohne störende Mengen organischer Substanz werden 5 g mit etwas Wasser durchfeuchtet, dann mit nicht mehr als 50 ccm konzentrierter Schwefelsäure unter häufigem Umschwenken bis zur völligen Zersetzung erwärmt. Zulässig ist auch der Aufschluss mit Schwefelsäure unter Zusatz von Salpetersäure, die wieder zum grössten Teil zu verkochen ist. Nach dem Aufschluss wird mit Wasser verdünnt, nach dem Erkalten die trübe Flüssigkeit auf 500 ccm gebracht und filtriert. Das Volumen des Ungelösten wird nicht berücksichtigt. (Aufschluss von Thomasmehl siehe unter (29).)

(28). Knochenmehle, Guanos, Fischmehle und andere Stoffe mit grösseren Mengen organischer Substanz werden am besten zur gleichzeitigen Bestimmung von Stickstoff und Phosphorsäure unter Zusatz von Quecksilber nach **KJELDAHL** aufgeschlossen.

Von rohem Knochenmehl, Trommelmehl, Fischguano und ähnlichen Stoffen nimmt man der zuverlässigeren Durchschnittsprobe wegen besser 10 g. Kurz vor dem Auffüllen zur Marke setzt man für die Phosphorsäurebestimmung nach der Zitratmethode zur Ausfällung der Mercurojonen 1 ccm gesättigte Natriumchloridlösung zu (vergl. Zeitschrift für angewandte Chemie 1894, 678).

Zulässig ist auch der Aufschluss mit Schwefelsäure unter Zusatz von etwas starker Salpetersäure, die wieder zum grössten Teil zu verkochen ist. Aus Rücksicht auf die LORENZsche und die Zitratmethode ist nicht zuviel Schwefelsäure zu nehmen. Bei der LORENZschen Methode soll die Lösung etwa 1 ccm konzentrierte Schwefelsäure enthalten und bei der Zitratmethode ist zu bedenken, dass die in 100 ccm verlustfrei hergestellter Ammoniumzitratlösung enthaltene Menge Ammoniak (vergl. (8)) zur Neutralisation von 15.9 g, entsprechend 8.6 ccm konzentrierter Schwefelsäure, verbraucht wird.

(29). Von Thomasmehl werden 10 g mit etwas Wasser durchfeuchtet und mit 50 ccm konzentrierter Schwefelsäure bis zur völligen Zersetzung erwärmt. Man fügt nach noch nicht völligem Erkalten Wasser zu, schwenkt die heisse Flüssigkeit zur Zerteilung etwa vorhandener Krusten gehörig um, kühlt ab und verdünnt auf 500 ccm ohne Berücksichtigung der ungelösten Stoffe. Mit dem Auffüllen zur Marke und dem Mischen der Flüssigkeit darf man nicht unnötig lange warten, weil es sonst Schwierigkeiten machen kann, die von dem Niederschlag eingehüllte konzentriertere Lösung gleichmässig zu verteilen.

Besondere Vorschriften für die Untersuchung der wichtigsten Düngemittel.

Schwefelsaures Ammoniak.

Ammoniakstickstoff.

(30). 10 g schwefelsaures Ammoniak werden mit Wasser zu 1 l gelöst. Von der Lösung werden 100 ccm = 1 g nach Zugabe von etwa 200 ccm Wasser mit 3 g gebrannter Magnesia destilliert. Zu beachten (1) und (2).

Freie Säure.

(31). Es werden 12.5 g der Probe schwefelsaures Ammoniak mit Wasser auf 250 ccm gelöst, filtriert und vom

Filtrat 100 ccm = 5 g mit einer geeigneten Titrierlauge, am besten der für die Stickstoffbestimmungen verwendeten Lauge, unter Benutzung von Methylorange als Indikator titriert. Der Säuregehalt wird als H_2SO_4 angegeben.

Natron- und Kalksalpeter.

(32). 10 g der Probe werden mit Wasser auf 500 ccm gelöst. Von der Lösung werden 25 ccm = 0.5 g Substanz nach (3) behandelt.

Perchlorat im Chilesalpeter.

(33). Der Gehalt an Perchlorat im Chilesalpeter ist im Untersuchungsbericht als Kaliumperchlorat anzugeben.

Kalkstickstoff.

Gesamtstickstoff.

(34). Der Kalkstickstoff ist ein Material, aus dem sich eine richtige Durchschnittsprobe für die Analyse ganz besonders schwer herstellen lässt. Deshalb ist die zunächst in der gewöhnlichen Weise für die Analyse vorbereitete Probe unmittelbar vor dem Abwägen nochmals rasch und sehr sorgsam in einer Reibschale zu verreiben. Es sind nicht zu kleine Mengen, am besten etwa 5 g einzuwägen, und die Einwage ist von einer grösseren Zahl von Stellen der flach ausgebreiteten Probe zu entnehmen.

Der Gesamtstickstoff ist nach KJELDAHL zu bestimmen. Vor dem Zusatz der konzentrierten Schwefelsäure ist die Probe im Kolben mit etwas Wasser zu durchfeuchten. Manche Materialien scheinen bei Zugabe der konzentrierten Säure die plötzliche starke Erhitzung nicht zu vertragen. Es empfiehlt sich deshalb, zunächst etwas verdünnte Säure zuzusetzen. Auch ist es ratsam, längere Zeit mit nur kleiner Flamme zu erwärmen.

Peruguano.

(35). Es wird darauf aufmerksam gemacht, dass der Peruguano häufig Nitratsstickstoff enthält, dieser also bei der Bestimmung des Gesamtstickstoffs zu berücksichtigen ist. Es ist also nach (6) zu verfahren.

Superphosphat und Superphosphatgemische.

(36). Die mechanische Vorbereitung der Proben für die Analyse hat sich im allgemeinen auf sorgfältiges Mischen und Zerteilung von Klümpchen zu beschränken.

Feuchtigkeit.

(37). Für die Feuchtigkeitsbestimmung werden 10 g der Probe 3 Stunden lang auf 100° erhitzt. Der Gewichtsverlust gilt als Feuchtigkeit.

Wasserlösliche Phosphorsäure.

(38). Die Herstellung der Lösung erfolgt nach (25).

Für die Phosphorsäurebestimmung ist die Zitratmethode vorgeschrieben.

Es werden 50 ccm der Lösung, entsprechend 1 g Substanz, mit 50 ccm Ammoniumzitratlösung (7) und sodann mit 25 ccm Magnesiamischung (10) versetzt. Diese ist rasch zuzugeben und sofort mit der Lösung durch Rühren oder Umschwenken gleichmässig zu vermischen.

Die Flüssigkeit wird dann zur vollständigen Abscheidung des Niederschlags $\frac{1}{2}$ Stunde lang gerührt oder geschüttelt.

(39). Von Superphosphaten und Doppelsuperphosphaten mit einem über 20 % hinausgehenden Phosphorsäuregehalt nimmt man nur 25 ccm der Lösung, entsprechend 0.5 g Substanz, aber dieselben Reagentienmengen. Von Doppelsuperphosphaten werden zur Umwandlung der Pyrophosphorsäure in die fällbare Orthoform 25 ccm der Lösung 10 Minuten lang mit 10 ccm Salpetersäure vom spezifischen Gewicht 1.40 gekocht. Nach dem Zusatz der ammoniakalischen Zitratlösung wird eine dem Salpetersäurezusatz entsprechende Menge Ammoniakflüssigkeit hinzugefügt und dann weiter wie bei gewöhnlichen Superphosphaten verfahren.

Zitratlösliche Phosphorsäure nach PETERMANN.

(40). In Superphosphaten ist der Gehalt an zitratlöslicher Phosphorsäure nach PETERMANN auf Verlangen gesondert zu bestimmen und mitzuteilen und nicht die Summe von wasserlöslicher und zitratlöslicher Phosphorsäure als zitratlöslich zu bezeichnen.

Ammoniak-, Nitrat-, organischer Stickstoff und Kali in Superphosphatgemischen.

(41). Für die Bestimmung von Ammoniak- und Nitratstickstoff werden aliquote Teile der auch zur Phosphorsäurebestimmung dienenden, nach (25) hergestellten wässrigen Lösung, meist 50 ccm, entsprechend 1 g Substanz, verwandt. Die Bestimmung des organischen und des Gesamt-Stickstoffs erfolgt nach KJELDAHL. Zu beachten sind für die Stickstoffbestimmungen (1) bis (6) und die Bemerkung (35).

(42). Zur Kalibestimmung werden 10 g Substanz nach (55) mit Wasser gekocht.

Thomasmehl.

Mechanische Vorbereitung für die Untersuchung.

(43). Thomasmehle, die dem Augenschein nach gröbere Teile enthalten, werden durch ein 2 Millimeter-Sieb abgesiebt und die gröberen Teile durch leichtes Zerdrücken auf dem Sieb verteilt. Bleibt dann noch ein Siebrückstand, so wird dieser gewogen, von der Untersuchung ausgeschlossen und bei der Feststellung des Ergebnisses als wertloser Anteil in Rechnung gestellt.

Zitronensäurelösliche Phosphorsäure.

(44). Obwohl sich die LORENZsche Methode als besonders zuverlässig erwiesen hat, soll doch wegen verschiedener hauptsächlich durch den Krieg hervorgerufener Schwierigkeiten zur handelsüblichen Bewertung der Thomasmehle nach ihrem Gehalt an zitronensäurelöslicher Phosphorsäure bis auf weiteres die Eisenzitratmethode angewendet werden.

(45). Ergeben sich bei dieser Methode Schwierigkeiten, die in der Methode begründet sind, so ist die Salzsäuremethode mit Abscheidung der Kieselsäure anzuwenden, und dann ist das hierbei erzielte Ergebnis massgebend.

Eisenzitratmethode.

(46). Von der nach (26) hergestellten Lösung werden 50 ccm, entsprechend 0.5 g Substanz, mit 25 ccm Eisenzitratlösung (20 und 21), 1 ccm 3 %igem Wasserstoffsuperoxyd (22 bis 24) und 25 ccm Magnesiamischung (10) in dieser Reihenfolge versetzt und die Flüssigkeit $\frac{1}{2}$ Stunde lang gerührt oder geschüttelt. Der Niederschlag kann sofort oder nach mehreren Stunden filtriert werden und ist nach (38) weiterzubehandeln.

Salzsäuremethode mit Abscheidung der Kieselsäure.

(47). 100 ccm des zitronensauren Auszugs werden unter Zusatz von etwa 5 ccm 25 %iger Salzsäure auf dem Wasserbad bis fast zur Trockne gedampft. Den Rückstand nimmt man mit etwa 2 ccm 25 %iger Salzsäure auf, verreibt die Kieselsäure mit einem Gummiwischer und spült in ein 100 ccm-Kölbchen über. Die Flüssigkeit wird dann aufgekocht, nach dem Erkalten aufgefüllt und filtriert. 50 ccm des Filtrats, entsprechend 0.5 g Substanz, dienen nun zur Phosphorsäurebestimmung nach (38).

Gesamtphosphorsäure.

(48). 50 ccm, entsprechend 1 g Substanz der nach (29) hergestellten Lösung, werden nach (38) behandelt, nur mit dem Unterschied, dass statt 50 ccm Ammoniumzitratlösung 100 ccm angewandt werden. Der Niederschlag fällt schwerer vollständig aus wie in Superphosphatlösungen, deshalb ist kräftig zu rühren oder zu schütteln, auch ist auf einen nicht zu geringen Ammoniakgehalt der Zitratlösung besonders zu achten (vergl. (28)).

Feinmehl.

(49). 50 g Thomasmehl werden in ein Sieb gebracht, dessen Siebfläche nicht unter 20 cm Durchmesser besitzt und aus dem Drahtgewebe Nr. 100 von AMANDUS KAHL, Hamburg (glattes Gewebe) hergestellt ist. Die Probe wird 15 Minuten lang mit der Hand oder in einer Schüttelvorrichtung geschüttelt und das auf dem Sieb zurückbleibende Grobmehl gewogen.

Rohphosphate.**Wasser.**

(50). Bei Rohphosphaten ist zum Nachweis der Identität der Wassergehalt durch Trocknen bei 100° zu bestimmen.

Phosphorsäure.

(51). In der nach (27) hergestellten Lösung ist die Phosphorsäure am besten nach LORENZ zu bestimmen. Man nimmt 10 ccm, entsprechend 0.1 g Substanz. Das Verfahren ist beschrieben in Zeitschrift für analytische Chemie 15 (1912), 170 ff.

Eisenoxyd und Tonerde.

(52). Zur Bestimmung des Eisenoxyd- und Tonerdegehalts genügt meist das einfache GLASERSche Verfahren (Zeitschrift für angewandte Chemie 1889, 636). In besonderen Fällen sind die

Abänderungen von R. JONES zu berücksichtigen (Zeitschrift für angewandte Chemie 1891, 3 und Zeitschrift für analytische Chemie 30 (1891), 742). Soll nur die Tonerde bestimmt werden, so bietet das Verfahren von H. LASNE Vorteile (Bull. soc. chim. 1896 (3. Ser., T. XV), 146 und 237 und Chemiker-Zeitung, Repertorium 1896, 47 und 65).

**Knochenmehle, Guanos und andere Stoffe,
die zur Phosphorsäurebestimmung eines Aufschlusses
mit Säure bedürfen.**

Phosphorsäure.

(53). Die Bestimmung erfolgt in der nach (28) hergestellten Lösung nach der Zitratmethode, wie unter (48) angegeben, oder nach der LORENZschen Methode.

Stickstoff.

(54). Es ist sinngemäss nach (41) zu verfahren.

Kalidüngemittel.

(55). Zur Bestimmung des Kalis in Kalisalzen werden 10 g der durch ein 1 mm-Sieb gebrachten Substanz mit etwa 400 ccm Wasser $\frac{1}{4}$ Stunde lang gekocht und nach dem Abkühlen auf 500 ccm aufgefüllt. Zur Analyse dient ein aliquoter Teil der Lösung.

(56). Nach den bisherigen Erfahrungen sind folgende Methoden der Kalibestimmung brauchbar:

1. Die Methode von FRESSENIUS mit voller Abscheidung, beschrieben in dessen Anleitung zur quantitativen chemischen Analyse, 6. Auflage, II. Band, S. 210;
2. die von NEUBAUER abgeänderte FINKENERSche Methode (Zeitschrift für analytische Chemie 39 (1900), 461 und 46 (1907), 311);
3. die abgekürzte Methode von FRESSENIUS, beschrieben in dessen Anleitung zur quantitativen chemischen Analyse, 6. Auflage, II. Band, S. 292;
4. die abgekürzte Methode nach der Beschreibung von C. MÜLLER in Band 49 der Landw. Versuchs-Stationen (1898), S. 7;
5. die Überchlorsäuremethode nach der Beschreibung von AUMANN in Band 62 der Landw. Versuchs-Stationen (1905), S. 217.
In Differenzfällen entscheidet die erstgenannte Methode.

Kalk- und Magnesiadüngemittel.

(57). Als wertbestimmend für die Kalkdüngemittel ist nur deren Gehalt an Kalk und Magnesia in basisch wirkender Form zu betrachten.

(58). Die Titrationsmethoden zur Wertbestimmung der Kalkdüngemittel sind nicht als allgemein gültige Verbandsmethoden zu betrachten, da sich die Grenzen ihrer Anwendbarkeit nicht genau festlegen lassen. Zur Verbilligung der Untersuchungskosten kann es aber jedem Verbandsmitglied überlassen bleiben, nach seinem Ermessen auch eine Titrationsmethode anzuwenden, wenn er annehmen darf, dass deren Ergebnisse von dem Auftraggeber richtig aufgefasst werden. Die Titration mit Salzsäure (vergl. FÖRSTER, Landw. Versuchs-Stationen 69, S. 235) scheint der Titration mit Schwefelsäure (vergl. TACKE, Landw. Versuchs-Stationen 52, S. 76) vorzuziehen zu sein.

(59). Man wird namentlich dann mit dem Notbehelf einer Titration auskommen, wenn die Versuchsstation mit den Kalkwerken vereinbart, dass diese von Zeit zu Zeit vollständige Analysen ihrer Erzeugnisse durch die Versuchsstation ausführen lassen und darnach eine bestimmte Zusammensetzung gewährleisten (vergl. Landw. Versuchs-Stationen 85, S. 231).

(60). Abfallkalke müssen auf das Freisein von pflanzenschädlichen Stoffen geprüft werden.

Analysenspielfräume.

(61). Unter Analysenspielraum ist zu verstehen der äusserst zulässige Betrag der Schwankungen von Analysenergebnissen bei vollkommen gleichartigem Material. Wenn also jeder Fehler bei der Probenahme ausgeschaltet ist, sollen nur dann Analysenergebnisse in verschiedenen Händen, auch in verschiedenen Laboratorien, als praktisch gleichrichtig gelten, wenn ihre Abweichungen, in Prozenten der Untersuchungsprobe ausgedrückt, nicht grösser sind als die folgenden Beträge:

bei Stickstoff in allen Formen	0.20 ‰
„ Phosphorsäure (P_2O_5) in allen Formen	0.30 „
„ Kali (K_2O) in allen Formen	0.30 „
„ Feinmehl im Thomasmehl	3.0 „

Die auf Analyse, Prüfung und Wertschätzung der Futtermittel bezüglichen Beschlüsse des Verbandes.

A. Beschlüsse allgemeiner Art.

Die Vorbereitung zur Analyse betreffend.

1. Für die Vorbereitung aller Futtermittel ohne Unterschied zur Analyse ist tunlichst der für den Durchgang durch das 1 mm-Sieb geeignete Zerkleinerungsgrad derselben erforderlich.

Hamburg 1901, Landw. Vers.-Stat. Bd. 57, S. 70.

Leipzig 1902, „ „ „ 58, „ 325.

Die Fettbestimmung betreffend.

2. Es ist unbedingt notwendig, die Futtermittel, in welchen die Fettbestimmung ausgeführt werden soll, vorzutrocknen; wegen der bei einzelnen Futtermitteln eintretenden Verharzung darf aber die Trockentemperatur keinesfalls 100° C. übersteigen; da ein 3stündiges Trocknen bei 95° C. eine genügende Entwässerung für die Zwecke der Fettbestimmung bietet, so schlägt die Kommission obige Zeit und Temperatur als allgemein einzuhaltende Regel vor. Beim Leinkuchen scheint die Ausführung weiterer Kontrollbestimmungen mit verschiedenem Material erwünscht, und es wird deshalb anheimgegeben, das Vortrocknen vorläufig im Wasserstoff- oder Leuchtgasstrom¹⁾ vorzunehmen.

Bonn 1888, Landw. Vers.-Stat. Bd. 35, S. 454.

3. Als Extraktionsmittel für Fett ist ausschliesslich von Alkohol und Wasser befreiter Äther anzuwenden. Die Extraktion soll eine vollständige sein. Der Ätherextrakt braucht nach dem Trocknen in Äther nicht löslich zu sein.

Bremen 1890, Landw. Vers.-Stat. Bd. 38, S. 307.

Halle 1891, „ „ „ 40, „ 60.

Die Stickstoffbestimmung betreffend.

4. Zur Stickstoffbestimmung in Futtermitteln sind folgende 2 Aufschliessmethoden zulässig:

¹⁾ Oder 1 Stunde bei 100°.

I. Bisher vom Verbands befolgte Methode.

Zur Aufschliessung wird eine stickstofffreie konzentrierte Schwefelsäure benutzt, in welcher pro Liter 200 g Phosphorsäureanhydrid aufgelöst sind; dem Aufschliessungsgemisch wird bei jeder Bestimmung ein Tropfen, ca. 1 g, Quecksilber zugesetzt, die Aufschliessdauer beträgt durchweg 3 Stunden.

II. GUNNING-ATTERBERGS Modifikation des KJELDAHLschen Verfahrens.

1—2 g Substanz werden mit 20 ccm stickstofffreier konzentrierter Schwefelsäure unter Zusatz von etwas (ca. 1 g) Quecksilber bis zur Auflösung erhitzt, was in ungefähr 15 Minuten erreicht ist; darauf werden 15—18 g stickstofffreies Kaliumsulfat zugegeben und die Mischung wird weiter gekocht; nach eingetretener Farblosigkeit wird das Erhitzen noch 15 Minuten fortgesetzt. Die aufgeschlossene Masse wird nach etwa 10 Minuten langem Stehen mit Wasser verdünnt. — Bei Substanzen, welche erfahrungsgemäss nicht schäumen, kann das Kaliumsulfat gleich zu Anfang gegeben werden.

Hamburg 1901, Landw. Vers.-Stat. Bd. 57, S. 15.

Leipzig 1902, " " " 58, " 382.

Cassel 1903, " " " 59, " 310; Bd. 60, S. 215.

Die Prüfung auf Sand betreffend.

5. Die qualitative Prüfung aller Futtermittel auf Sand bzw. mineralische Beimengungen ist obligatorisch zu machen, und es ist, sobald die Vorprüfung die Anwesenheit von mehr als normalen Mengen ergibt, die qualitative Bestimmung auszuführen und von dem Ergebnis dem Einsender Mitteilung zu machen, wenn der Gehalt 1% oder mehr beträgt.

Würzburg 1893, Landw. Vers.-Stat. Bd. 43, S. 363.

Dresden 1894, " " " 45, " 345.

München 1905, " " " 64, " 37/39.

Stuttgart 1906, " " " 66, " 196.

6. Die Verbandsmitglieder sind aufzufordern, in ihren Jahresberichten die Beobachtungen über den Sandgehalt der Futtermittel tabellarisch zusammenzustellen und sich dabei des folgenden Schemas zu bedienen:

Unter 1.0 % Sand

1.0—1.5 " "

1.5—2.0 " "

2.0—3.0 " "

3.0— (Maximum) Sand.

Leipzig 1902, Landw. Vers.-Stat. Bd. 58, S. 385.

Cassel 1903, " " " 59, " 310; Bd. 60, S. 216.

Sand und Erde in getrockneten Rübenblättern und -köpfen.

7. Getrocknete Rübenblätter und -köpfe sind als Handelsgut bezgl. ihres Gehaltes an Sand und Erde nicht anders zu beurteilen, wie die übrigen Handelsfuttermittel.

Dresden 1913, Landw. Vers.-Stat. Bd. 85, S. 224.

Hannover 1914, " " " 86, " 151.

B. Auf einzelne Futterarten bezügliche Beschlüsse.

Kleie betreffend.

8. Kleie ist der Abfall, welcher beim Mahlen des vorher von Verunreinigungen befreien, also reinen, mahlfertigen Kornes entsteht.

Die Produkte des Entspitzens sind demnach zu den Bestandteilen der Kleie zu zählen, nicht aber etwaige Ansammlungen in den Staubkammern.

Leipzig 1902, Landw. Vers.-Stat. Bd. 58, S. 374/375. Vergl. a.

Hamburg 1901, " " " 57, " 32/52.

Cassel 1903, " " " 59, " 309; Bd. 60, S. 213.

9. Bei Verkauf von Kleie ist die Gehaltsgarantie für Nährstoffe möglich und anzustreben.

10. Die Kleie muss unverdorben sein.

11. Die Kleie soll nur aus dem ihrem Namen entsprechenden Material hergestellt sein. Mischungen von Kleie sind besonders zu bezeichnen unter Angabe der Bestandteile.

Bremen 1890, Landw. Vers.-Stat. Bd. 38, S. 308. Vergl. a.

Bernburg 1890, " " " 38, " 144.

12. Die Bezeichnung Kleie für gemahlene Hülsen, Schoten, Spelzen, wie gemahlene Erdnusschülsen, Hirscheschalen, Reisspelzen, Haferspelzen und ähnliche Materialien oder gar für getrocknete Kartoffelpülpe und dergl. ist unzulässig.

München 1905, Landw. Vers.-Stat. Bd. 64, S. 28.

Stuttgart 1906, „ „ „ 66, „ 189.

Schrot betreffend.

13. Schrot ist das gröblich zerkleinerte Getreide bzw. Korn, dem weder Teile zur anderweiten Verwendung entnommen, noch Teile hinzugefügt worden sind.

Breslau 1904, Landw. Vers.-Stat. Bd. 62, S. 219.

München 1905, „ „ „ 64, „ 7.

Rapskuchen.

14. Ein als „Rapskuchen“ ohne Herkunftsangabe bezeichneter Ölkuchen darf nur die Bestandteile von „Brassica Napus“ oder von „Brassica Rapa“ enthalten.

Bonn 1900, Landw. Vers.-Stat. Bd. 56, S. 63.

Hamburg 1901, „ „ „ 57, „ 10.

Anmerkung des Ref.: Der entsprechende Beschluss gilt nach Ansicht des Ref. selbstredend auch für „Rapskuchenmehl“.

C. Auf Melassefutter bezügliche Beschlüsse.

Wassergehalt des Melassefutters betreffend.

15. Der Wassergehalt darf bei Melasse-Kraftfutter und ähnlichen Gemischen höchstens 20 %, bei Torfmelasse höchstens 25 % betragen. Ein Überschuss über diese Gehaltsgrenzen ist als eine entsprechende Wertsverminderung der Ware anzusehen. Auch ist bei Melassefuttermischungen gegebenenfalls darauf hinzuweisen, dass ein mehr als 20 % betragender Wassergehalt die Haltbarkeit des Futtermittels um so mehr gefährdet, je höher derselbe über der Grenzzahl von 20 % liegt.

Hamburg 1901, Landw. Vers.-Stat. Bd. 57, S. 21.

Leipzig 1902, „ „ „ 58, „ 324.

16. Bei der Kontrolle der Melassefuttermittel ist stets der Wassergehalt zu bestimmen.

Die Forderung, dass der zulässige Höchstgehalt an Wasser bei Melassegemischen 20 % betragen soll, bezieht sich nur auf melassereiche Mischungen. Für melasseärmere Gemische ist eine entsprechend niedrigere Grenzzahl einzusetzen.

In allen Fällen ist der Berechnung zugrunde zu legen, dass eine für die Herstellung von Melassegemischen des Handels geeignete Melasse nach den bisherigen Erfahrungen höchstens $23\frac{1}{2}\%$ enthalten darf. Die durch diese Berechnung gefundene Grenzzahl für den normalen Wassergehalt ist massgebend bei der Beurteilung des Gemisches in bezug auf seinen Wert und seine Haltbarkeit.

Hannover 1910, Landw. Vers.-Stat. Bd. 74, S. 392.

Karlsruhe 1911, „ „ „ 78, „ 6.

Fettbestimmung bei Melassefutter betreffend.

17. Zur Fettbestimmung sind 25 g Melassefutter bei ca. 80° etwa 3 Stunden lang vorzutrocknen, nach dem Erkalten und Wägen auf der Grubsonschen Mühle zu mahlen; von dem Pulver werden dann 5 g auf einem Saugfilter oder grösseren Gooch'schen Tiegel mit ca. 100 ccm kalten Wassers ausgesüsst, der Rückstand in üblicher Weise bei 95° vorgetrocknet und mit Äther extrahiert.

München 1899, Landw. Vers.-Stat. Bd. 54, S. 27.

Bonn 1900, „ „ „ 56, „ 33.

Stickstoffhaltige Substanz des Melassefutters betreffend.

18. Die Versammlung ist einstimmig der Anschauung, dass der Ausdruck für den N.-Gehalt der Melassefutter in Form von „Rohprotein“, wie er sich in den Futtermitteltabellen noch vorfindet, ein unberechtigter ist.

Harzburg 1897, Landw. Vers.-Stat. Bd. 50, S. 228.

19. Der Gesamtstickstoff mal 6,25 ist in Melassefuttermitteln als stickstoffhaltige Substanz, herstammend aus Melasse und dem betreffenden Futtermittel, zu bezeichnen.

Berlin 1898, Landw. Vers.-Stat. Bd. 52, S. 112.

20. Den Verbandsmitgliedern wird anheimgegeben, je nach Befinden für die stickstoffhaltigen Stoffe in der Trockensubstanz gewöhnlicher Melassen 2.16% Stickstoff = 13.5% Nh und für die der Restmelassen 0.69% Stickstoff = 4.3% Nh in Anrechnung zu bringen. Wird die Stickstoffsubstanz der Melasse auf diesem Wege ermittelt, so ist dies in den Analysenattesten anzugeben.

Bonn 1900, Landw. Vers.-Stat. Bd. 56, S. 49.

Hamburg 1901, " " " 57, " 10.

Zuckerbestimmung bei Melassefuttermitteln.

21. Die Zuckerbestimmung in Melassegemischen ist stets gewichtsanalytisch auszuführen (nach dem von B. SCHULZE mitgeteilten Verfahren, Landw. Vers.-Stat. Bd. 56, S. 93 ff.).

München 1909, Landw. Vers.-Stat. Bd. 72, S. 381.

Hannover 1910, " " " 74, " 380.

Wertschätzung der Melassefuttermittel betreffend.

22. Der Wert des Melassemischfutters ist nach dem Marktpreise der dasselbe zusammensetzenden Materialien, also der Melasse und sonstiger Zusätze zu bemessen.

Harzburg 1897, Landw. Vers.-Stat. Bd. 50, S. 228.

Bestimmung des Gehaltes an Melasse betreffend.

23. Die Bestimmung des Gehaltes der Melassemischungen an Melasseträgern und an Melasse ist bis auf weiteres entweder durch Bestimmung der wasserunlöslichen Trockensubstanz (Methode SCHMÖGER) oder durch Bestimmung des spezifischen Gewichts eines wässrigen Auszuges (Methode NEUBAUER) auszuführen. Die Versuchs-Stationen sind aufzufordern, durch eine Vervollständigung der von SCHMÖGER und NEUBAUER angegebenen Korrektionszahlen für den wasserlöslichen Teil des Melasseträgers Material zu liefern für eine etwa nötig werdende Richtigstellung derselben.

Leipzig 1902, Landw. Vers.-Stat. Bd. 58, S. 380.

Cassel 1903, " " " 59, " 309; Bd. 60, S. 214.

Garantie im Handel mit Melassefutter betreffend.

24. An die Verkäufer von Melassefuttermitteln ist die Anforderung zu stellen, dass sie nicht allein für bestimmte Gehalte an Nährstoffen und an Melasse, sondern auch für die Art der vorhandenen Melasseträger garantieren.

München 1899, Landw. Vers.-Stat. Bd. 54, S. 36 und 37.

**Beurteilung des Vorkommens von Milben
in Futtermitteln.**

25. Wenn in einer Futtermittelprobe Milben gefunden worden sind, so ist dies im Untersuchungsattest anzugeben.

Stuttgart 1906, Landw. Vers.-Stat. Bd. 66, S. 235.

Dresden 1907, „ „ „ 68, „ 97.

**Beurteilung des Vorkommens von Brandpilzsporen
in Futtermitteln.**

26. Solange die Brandpilzsporengefahr durch weitere Versuche mit grösseren Tierbeständen noch nicht hinreichend geklärt ist, ist auch noch weiter auf die event. Schädlichkeit derselben im Sinne des Würzburger Beschlusses hinzuweisen.

Dresden 1907, Landw. Vers.-Stat. Bd. 68, S. 124.

Köln 1908, „ „ „ 71, „ 176.

**Allgemeine und irreführende Bezeichnungen von Futter-
mitteln usw. und deren Begutachtung.**

27. Der Verband landw. Versuchs-Stationen im Deutschen Reiche hält es für unzulässig, dass Verbands-Versuchs-Stationen Futtermittel, deren Bezeichnung ihre Natur nicht erkennen lässt und Mischfutter (ausgenommen Melassegemische mit einem Melasseträger) empfehlend begutachten.

Dresden 1907, Landw. Vers.-Stat. Bd. 68, S. 121.

Köln 1908, „ „ „ 71, „ 175.

Form der Futtermittelbegutachtungen.

28. Wenn Futtermittel nur auf ihren Nährstoffgehalt, aber mangels eines Auftrages nicht auf Reinheit und Unverdorbenheit untersucht worden sind, so ist in dem Untersuchungsbericht ein entsprechender Vermerk zu machen, dessen Wortlaut jeder Versuchs-Station überlassen bleiben soll.

29. Bei Begutachtungen von Futtermitteln auf Grund der mikroskopischen Untersuchung wird empfohlen, den ganzen mikroskopischen Befund anzugeben.

Köln 1908, Landw. Vers.-Stat. Bd. 71, S. 248.

München 1909, " " " 72, " 350.

30. Es wird beschlossen, dass jede Versuchs-Station gehalten sein soll, den objektiven Befund in den Akten festzulegen.

Karlsruhe 1911, Landw. Vers.-Stat. Bd. 78, S. 24.

Mahlung und Siebung des Baumwollsaatmehles.

31. Es wird beschlossen, für die Zukunft die Frage einer doppelten Siebung der Baumwollsaatmehle in den Untersuchungsberichten nicht zu berücksichtigen.

München 1909, Landw. Vers.-Stat. Bd. 72, S. 376.

Hannover 1910, " " " 76, " 380.

Beschlüsse betreffend Zuckerrübenuntersuchungen.

32. Probenahmევorschrift.

33. Untersuchung der Zuckerrüben auf Zuckergehalt.

Karlsruhe 1911, Landw. Vers.-Stat. Bd. 78, S. 8/10.

Dresden 1913, " " " 85, " 226/27.

D. Bezeichnung, Beschaffenheit und Untersuchung des für Futterzwecke dienenden phosphorsauren Kalkes betreffend.

34. Der Verband erklärt: Unter Knochenfuttermehl oder Futterknochenmehl versteht nach der Entwicklung, welche der Handel und Verbrauch dieser Futterbeigabe genommen hat, der kaufende Landwirt nur den gefällten phosphorsauren Kalk, der zum grössten Teile aus Dicalciumphosphat besteht, nicht aber eine der Formen des Knochenmehles (rohes, gedämpftes, entleimtes, kalziniertes Knochenmehl), wie es zu Düngungszwecken in den Handel und zum Verbrauch gelangt.

Leipzig 1902, Landw. Vers.-Stat. Bd. 58, S. 376.

Cassel 1903, " " " 60, " 214.

Zur Unterscheidung des gefällten phosphorsauren Futterkalkes von Fabrikaten anderer Art dient die ursprünglich von PETERMANN angegebene, vom Verband abgeänderte Bestimmung der zitratlöslichen Phosphorsäure.

Herstellung der PETERMANNSchen Zitratlösung.

Die Herstellung erfolgt nach (18) der Anweisungen für die Untersuchung der Düngemittel.

Ausführung der Bestimmung nach der ursprünglichen PETERMANNSchen Vorschrift.

1 g Präzipitat wird nach Zerreiben in einer Reibschale mit 100 ccm obiger Lösung in einen 200 ccm-Kolben gespült, 15 Stunden bei gewöhnlicher Temperatur unter Umschütteln stehen gelassen, dann bei 40° C. eine Stunde im Wasserbade digeriert, nach dem Erkalten aufgefüllt und filtriert. Vom Filtrat 100 ccm = $\frac{1}{2}$ g mit 20 ccm konzentrierter Salpetersäure 10 Minuten gekocht und die Phosphorsäure gefällt.

Cassel 1903, Landw. Vers.-Stat. Bd. 59, S. 314, Bd. 60, S. 241.
Breslau 1904, " " " 62, " 201.

Verbandsverfahren.

35. Von der fein zerriebenen Substanz werden 2.5 g in eine trockene Flasche von ca. 400 ccm Inhalt gebracht, mit 250 ccm PETERMANNScher Zitratlösung übergossen und in genau gleicher Weise und unter denselben Verhältnissen wie die Thomasphosphatmehle 3 Stunden im Rotierapparate geschüttelt. Die hierbei erhaltene Lösung wird ohne vorherige Verdünnung durch ein trockenes Filter in ein trockenes Gefäß gegossen. Vom Filtrat werden 50 ccm = 0.5 g Substanz mit 20 ccm konzentrierter Salpetersäure, darauf mit ca. 50 ccm Wasser versetzt, 10 Minuten gekocht; sodann wird die Phosphorsäure gefällt. Es können auch 5 g auf 500 ccm genommen werden.

München 1909, Landw. Vers.-Stat. Bd. 72, S. 362/63.

Hannover 1910, " " " 76, " 380.

Zur Bestimmung der zitratlöslichen Phosphorsäure ist gewöhnlich das Verbandsverfahren anzuwenden. Die Bestimmung nach der ursprünglichen PETERMANNSchen Vorschrift ist vorläufig gestattet, doch ist auf dem Analysenbericht ein entsprechender Vermerk zu machen.

Dresden 1913, Landw. Vers.-Stat. Bd. 85, S. 218/227.

Hannover 1914, " " " 86, " 150/151.

Verband landwirtschaftlicher Versuchs-Stationen im Deutschen Reiche.

Technische Vorschriften für die Prüfung von Saatgut

gültig vom 1. Juli 1916 an.

Nach Beschlüssen der 37. Hauptversammlung des Verbandes vom
15. Juni 1916.

A. Allgemeiner Teil.

I. Die Untersuchungsproben.

1. Probeziehung.

Zur Erlangung eines zuverlässigen Durchschnittsmusters wird für alle Untersuchungszwecke nachstehendes Verfahren empfohlen:

- a) Bei gesackter Ware sind von Klee, Getreide, Koniferen und anderen leicht fließenden Samenarten aus jedem Sacke oben, in der Mitte und unten kleine Mengen zu entnehmen, und zwar bei 1—20 Säcken aus jedem Sack, bei 21—100 Säcken aus mindestens 20 Säcken; die einzelnen Teile sind zusammenzumischen. Bei Posten von mehr als 100 Säcken empfiehlt es sich, mehrere Durchschnittsmuster zu ziehen und untersuchen zu lassen. Jedes solche Muster soll aus nicht mehr als aus 100 Säcken stammen.

Zur Entnahme der Proben wird die Benützung von Korn- bzw. Kleeprobenstechern empfohlen.

- b) Bei gesackten, schwer fließenden Samereien, wie Rübenknäulen, den meisten Grasfrüchten usw., muss die entsprechende Zahl von Säcken ausgeschüttet und die Ware gut durchgearbeitet werden; aus dem ganzen Haufen ist dann die Durchschnittsprobe nach dem nachstehend unter c angegebenen Verfahren zu entnehmen. Bei

Grassamen und Rübenknäulen sind auch die besonderen Vorschriften (S. 385 und 391) zu berücksichtigen.

- c) Bei lose lagernder Ware sind aus dem Innern des Haufens, von oben, aus der Mitte und von unten, im ganzen von mindestens zehn Stellen, kleine Mengen zu nehmen und diese zu mischen.

Die Probenahme aus gekaufter Saatware muss tunlichst sofort nach Empfang der Ware unter Zuziehung eines einwandfreien Zeugen geschehen.

Das aus den zusammengemischten kleinen Mengen hergestellte Durchschnittsmuster ist in drei möglichst gleichmässige Teile zu teilen (bei Rüben unter Berücksichtigung der besonderen Vorschriften, S. 391) und diese drei, in trockene, feste Behälter zu verpackenden Proben sind von dem Zeugen mit eigenem Siegel zu versiegeln bzw. zu plombieren.

Eine Probenahmebescheinigung des Zeugen, aus der zu ersehen ist, dass die Proben in ordnungsmässiger Weise in Gegenwart des Zeugen genommen und von ihm versiegelt wurden, ist der einzusendenden Probe beizufügen; die beiden anderen Proben sind in einem ungeheizten, trockenen Raume zu etwaigen weiteren Untersuchungen aufzubewahren.

Samenproben, die auf ihren Wassergehalt untersucht werden sollen, sind stets in Gläsern oder Blechbüchsen luftdicht zu verschliessen. Mit Korkstopfen versehene Gläser und Blechbüchsen sind zu diesem Zwecke mit Siegellack, Kautschukpflaster, Wachs oder dergl. abzudichten. Eingeschliffene Glasstopfen sind einzufetten.

Von Sämereien, bei denen sowohl Wassergehalt als Keimfähigkeit bestimmt werden soll, sind zur Untersuchung tunlichst zwei Proben, eine luftdicht verschlossen, eine gewöhnlich verpackt, einzusenden. Geschieht dies nicht, so ist der Einsender, falls Bedenken bestehen, auf die Bestimmungen aufmerksam und auf alle Fälle im Untersuchungsbericht ein entsprechender Vermerk zu machen.

Für die Einsendung der auf Keimfähigkeit zu prüfenden Proben eignen sich am besten feste Leinwandbeutel oder starke Doppeldüten; luftdichter Einschluss solcher Proben ist zu vermeiden.

2. Für die Untersuchung einzusendende Samenmenge.

Die für eine vollständige Untersuchung einzusendende Samenmenge soll möglichst betragen:

- 50 g von Grasfrüchten, Bastardklee, Weissklee, Spörgel, Kümmel, Möhren und anderen feinkörnigen Sämereien;
- 100 „ von Rotklee, Luzerne, Esparsette, Raps, Lein, Nadelhölzern, Esche, Hainbuche, Wicke und anderen Samen ähnlicher Grösse;

Für die Herkunftsbestimmungen von Rotklee und Luzerne sind unter Umständen Mengen von 200—250 g erforderlich.

- 200 „ von Getreide, kleinsamigem Mais und kleinsamigen Bohnen, Rübenknäulen, Rotbuche und ähnlich grossen Samen;
- 300 „ bei besonders grosskörnigen Maissorten und Bohnenarten;
- 1 $\frac{1}{2}$ l zur Bestimmung des Volumgewichtes von Getreide.

Bei besonders feinkörnigen Samenarten, die nicht in sehr grossen Posten gehandelt werden, wie z. B. bei Tabak, genügen 5—10 g.

Bezüglich der Sämereien von Gemüse- und Gewürzpflanzen vergleiche den besonderen Teil. (S. 395.)

II. Die Untersuchung.

1. Die Behandlung der Proben.

Bei Eingang der Probe sind das Gewicht, die ordnungsmässige Verpackung, Unverletztheit des Siegels usw. (vergl. S. 374, Abschn. III) festzustellen.

Die Grösse der für die Untersuchung auf Reinheit und Keimfähigkeit aus der eingesandten, sorgfältig durchmischten Samenmenge zu nehmenden engeren Mittelproben soll mindestens betragen:

- 0.5 g von Rispengräsern und Straussgräsern, Drahtschmele, Goldhafer;
- 1 „ von Fuchsschwanzgras, Honiggras, Kammgras, Ruchgras, rotem Schwingel, Schafschwingel, Timothee;
- 2 „ von Dill, Fenchel, Anis, Bastardklee, Glanzgras, Knaulgras, Kümmel, Möhre, Rapünzchen, Spörgel, Weissklee;
- 5 „ von Erle, Gelbklee, Inkarnatklee, Kohlarten, Lärche, Luzerne, Raigräsern, Raps, Rohrschwingel, Rotklee, Rüben, Serradella, Trespen, Wiesenschwingel, Wundklee;

- 10 g von Fichte, Hirse, Kiefer, Lein, Linse, Senf, Ulme;
- 15 „ von Buchweizen, Tanne;
- 20 „ von Ahorn, Esche, Esparsette, Futter- und Zuckerrüben, Wicke;
- 50 „ von Getreide (ausser Mais);
- 100 „ von Bohne, Bucheln, Eicheln, Erbsen, Lupinen, Mais.

Enthalten ungereinigte Proben erhebliche Mengen von Stoppeln, von grösseren Erdbröckchen und Steinchen, oder andererseits von feinem Sand, Staub, feinen Unkrautsamen usw., so ist der Prozentsatz dieser Verunreinigung für die ganze nach I. 2. einzusendende Samenmenge festzustellen und auf die engere Mittelprobe zu berechnen.

Vorstehend nicht aufgeführte Samenarten sind wie solche mit ähnlichem Korngewicht zu behandeln.

Die Restproben müssen nach Absendung des Untersuchungsberichtes noch 3 Monate lang so aufbewahrt werden, dass sich die Eigenschaften der Samen möglichst wenig verändern.

2. Die Untersuchung auf Echtheit.

Die Übereinstimmung zwischen Bezeichnung und eingesandter Probe ist, wenn möglich, soweit es sich um Gattung und Art handelt, in jedem Falle festzustellen. Die Echtheit von Varietäten und Sorten ist gegebenenfalls auf Verlangen des Einsenders durch Aussaat und Anzucht von Pflanzen in Töpfen oder im freien Felde zu ermitteln.

Die Herkunftsbestimmung ist, soweit möglich, auf Grund der in der Probe befindlichen sogen. „Charakterunkrautsamen“ und anderer Merkmale vorzunehmen.

Wird sie nicht beantragt und infolgedessen nicht ausgeführt, so empfiehlt sich bei jenen Samenarten, für deren Beurteilung die Herkunft von Bedeutung ist, ein entsprechender Hinweis im Bericht.

3. Die Bestimmung der Reinheit.

Bei der Reinheitsprüfung sind auszuschneiden:

- a) Fremde Bestandteile, und zwar Kultur- und Unkrautsamen, Sand, Erdbröckchen usw.

b) Spreu und sogen. Mangelkörner, wie taube Grasfrüchte, taube Rübenknäule, sowie äusserlich verletzte oder vollständig verkümmerte echte Samen, sofern sie unzweifelhaft als zur Keimung unfähig erkannt werden können.

Die verschiedenen Gruppen des Ausgeschiedenen sind, wenn sie in beachtenswerten Mengen auftreten, einzeln dem Gewicht nach zu bestimmen und im Untersuchungsbericht anzugeben; Samen besonders lästiger Unkräuter sind im Berichte aufzuführen.

Es empfiehlt sich, möglichst zwei Reinheitsbestimmungen vorzunehmen; bei stark verunreinigten Proben ist dies unerlässlich.

Die bei der Reinheitsbestimmung ausgeschiedenen Teile der Probe sind aufzubewahren. Die gereinigte Probe darf nicht mit dem Rest der eingesandten Probe vereinigt werden.

Auf Seide ist mindestens die nach I. 2. einzusendende Samenmenge zu untersuchen; nur bei stark seidehaltigen Proben genügt die Auslese einer kleineren Mittelprobe.

Die in einer Samenprobe gefundene Zahl von Seidekörnern ist unter Angabe des Gewichts der untersuchten Probe im Untersuchungsbericht mitzuteilen und wenn nötig auf 100 g der Probe zu berechnen. Unreife und leere Seidekapseln sind nicht als „Seide“ zu rechnen, im Untersuchungsattest aber der Zahl nach anzuführen.

Die Seideprüfung der Proben von Kleearten, Timothee und Lein ist nur dann zu unterlassen, wenn der Einsender diese Prüfung nicht wünscht. In diesem Falle ist im Attest zu bemerken:

„Mangels eines Auftrages ist das Muster auf Seide nicht untersucht worden.“

Finden sich Seidekörner, so ist, soweit erforderlich und möglich, anzugeben:

Ob es sich um die einheimische Kleeseide (*Cuscuta trifolii*) oder um die sogen. Grobseide (*C. arvensis* usw.) oder um Quendelseide (*C. epithymum*), Zaunseide (*C. europaea*) oder Leinseide (*C. epilinum*) handelt, ferner

ob die vorgefundenen Samen, gleichgültig welcher botanischen Art sie angehören, klein, mittelgross oder gross (Grosseide) sind. Als klein sind solche Körner zu bezeichnen, die durch das 1 mm-Sieb fallen, als mittelgross jene, die erst bei An-

wendung eines Siebes von 1.25 mm Lochweite abgesiebt werden können, als gross alle übrigen.⁴⁾ Die sogen. Zwillingskörner der Seide sind in dieser Richtung als zusammenhängendes Ganze zu beurteilen.

Als Untersuchungsspielraum bei Seideprüfungen gilt 1 Korn Seide in 100 g Rotklee und anderen grosskörnigen Saaten oder in 50 g Weissklee und anderen kleinkörnigen Samenarten.

4. Die Bestimmung des absoluten und des Volumgewichts.

Das absolute Gewicht einer Probe wird festgestellt bei kleinkörnigen Samen (wie Klee usw.) durch sorgfältiges Abzählen und Wägen von 4×100 , bei grobkörnigen Samen von 3×100 Körnern ohne Auswahl aus der gereinigten Mittelprobe. Bei grösseren Abweichungen ist durch Auszählen einer gereinigten Mittelprobe eine Vergleichsprüfung vorzunehmen. Über das besondere Verfahren bei Rübenknäulen vergl. S. 392.

Die Bestimmung des Volumgewichtes geschieht baldigst nach Eingang der Probe mit dem 1 Liter-Apparat der Kaiserlichen Normaleichungskommission. Es wird ganz von dem Zweck der Bestimmung abhängen, ob sie mit einer unveränderten oder mit einer gereinigten Probe vorgenommen wird.

5. Die Bestimmung des Korngrössenverhältnisses (Sortierung).

Die Bestimmung des Korngrössenverhältnisses ist bei verschiedenen Samenarten, wie bei Getreide, Rübenknäulen, Rotklee usw., von besonderer Wichtigkeit. Vorzunehmende Sortierungen sind grundsätzlich mit für jede Samenart vorgeschriebenen Siebarten unter Zuhilfenahme von Schüttelapparaten in bestimmter Zeitdauer und Umdrehungszahl auszuführen.

6. Die Bestimmung des Wassergehaltes.

Der Wassergehalt einer Probe ist tunlichst bald nach ihrem Eingang und natürlich sofort nach Öffnen des Behälters zu bestimmen.

⁴⁾ Die beiden notwendigen Siebe sind zum Preise von 20 M. von der Firma Ad. ZWICKERT, Optische Anstalt in Kiel, Dänische Strasse 23/25, zu beziehen.

Zu diesem Zwecke werden möglichst schnell aus der gut gemischten Gesamtprobe ohne vorherige Reinigung, aber unter Weglassung von Steinen, Erdklumpen und anderen grösseren Fremdbestandteilen, zweimal annähernd je 10 g bei leichten, 20 g bei schweren Samen in flachen Schalen genau abgewogen und in den kalten Trockenschrank gestellt. Hierauf ist anzuheizen und nachdem die vorgeschriebene Temperatur von 100° erreicht ist, wird noch 5 Stunden lang getrocknet.

7. Die Bestimmung der Keimfähigkeit.

a) Zahl der einzukeimenden Samen. Zur Ermittlung der Keimfähigkeit sind im allgemeinen 400 Körner in mindestens zwei Keimbetten anzusetzen. Bei grossen Samen, wie Mais usw., genügen 200 Körner; für Rübenknäule und Grasfrüchte wird auf die Angaben im besonderen Teil verwiesen.

Die Abzählung der zum Keimversuch bestimmten Körner erfolgt aus der bei der Reinheitsbestimmung gewonnenen reinen Saat in der Weise, dass die zur Einkeimung gelangenden Samen ohne Auswahl entnommen werden.

b) Vorbehandlung. Physikalische und chemische Vorbehandlung der Samen ist nicht gestattet. Eine Vorquellung oder Trocknung ist im allgemeinen zu unterlassen; Ausnahmen siehe im besonderen Teil.

c) Keimbett. Als Keimmedien werden für zulässig erklärt: Starkes Filtrierpapier,¹⁾ reiner Quarzsand,²⁾ unglasierte Tonschälchen³⁾ und Schälchen aus möglichst reiner Papiermasse.⁴⁾ Die Wahl des Keimmediums hängt ab von der zu prüfenden Samenart (vergl. den besonderen Teil). Filtrierpapier und Sand

¹⁾ Z. B. von MAX DREVERHOFF-Dresden, Katalog Nr. 251 u. a.

²⁾ Besonders gut geeigneter Sand ist zu beziehen von den Vereinigten Hohenbockaer Glassandgruben von H. WEICHELT & Co. in Dresden-A. 16, Anton Graffstr. Nr. 8.

³⁾ Bezugsquelle, KARL STELLUNG, Hamburg 11 oder Gebr. BAERNSCHE, Dölau bei Halle a. S.

⁴⁾ Die Kartonschälchen stellt man sich aus gut saugfähiger ungeleimter Papiermasse am besten selbst her. Zu empfehlen ist, je nach der prüfenden Samenart, Schälchen in quadratischer Form von verschiedener Grösse, mit etwa 5—8—10 cm Seitenlänge, zu verwenden. Da durch Pressung hergestellte Schälchen ihre Form verlieren, sobald sie Wasser aufgesaugt haben, so schneidet man von vornherein die Formen so, dass durch Aufbiegen etwa 1 cm hohe Ränder entstehen, die an den Ecken zusammengeheftet werden.

können in Glas-, Porzellan-, Zink- und Tonschalen, die mit einer Glasplatte zu bedecken sind, eingelegt bzw. eingebracht werden. Ton- und Papierschälchen sind auf feuchten Sand oder auf mehrere Lagen Filtrierpapier in einen mit Wasserdampf gesättigten Raum zu stellen. Zur Anfeuchtung des Keimmediums dient reines Brunnen-, Leitungs- oder Quellwasser. Das Optimum der Feuchtigkeit ist abhängig von der Samenart und dem Keimmedium. Starke Feuchtigkeit wirkt in der Regel schädlich; im allgemeinen wird der hinreichende Feuchtigkeitsgrad erzielt, wenn das Keimbett mit etwa 60 % der auf das Gewicht bezogenen wasserhaltenden Kraft des Keimmediums befeuchtet und auf diesem mässigen Feuchtigkeitsgrad erhalten wird. Sandkeimbetten müssen im allgemeinen weniger feucht gehalten werden als solche von Filtrierpapier. Bei stark zur Fäulnis neigenden Samen sind die Keimbetten möglichst oft zu wechseln. Faulende Samen sind baldmöglichst aus dem Keimbett zu entfernen.

Bei stark schleimigen Samen, wie Lein usw., ist darauf zu achten, dass durch den auftretenden Schleim nicht die beiden Seiten des Fliesspapierkeimbettes zusammenkleben und dadurch die Luft zu sehr abgeschlossen wird. Am besten wird dies vermieden durch Einlegen von Glasstreifen in die Keimbetten.

d) Temperatur. Sofern nicht nachstehend und im besonderen Teile bei einzelnen Samenarten andere Angaben gemacht werden, soll der Keimprozess tagsüber möglichst bei einer konstanten Temperatur von 20° C. vor sich gehen.

Wechseltemperatur (6 Stunden täglich 30° C. und 18 Stunden 20° C.) ist bei folgenden Arten erforderlich:

Agrostis alba, *vulgaris*, *Aera caespitosa*, *Alnus*, *Alopecurus*, *Anthoxanthum*, *Beta*, *Betula*, *Daucus*, *Elymus arenarius*, *Glyceria*, *Holcus*, *Nicotiana*, *Phalaris arundinacea*, *Pinus Strobis*, *Poa*-Arten, *Trisetum flavescens*. (Über Sämereien von Gemüse- und Gewürzpflanzen siehe den besonderen Teil.)

Bei Prüfung von Samenarten, deren Verhalten gegenüber der Keimungstemperatur noch unbekannt oder unsicher ist, ist der Einfluss verschiedener Wechseltemperaturen, sowie jener von konstanten, niederen Temperaturen festzustellen.

e) Belichtung des Keimbettes. Im allgemeinen werden die Keimprüfungen unter Lichtabschluss ausgeführt. Bei folgenden Arten sind dagegen Nebenversuche im zerstreuten Tages-

lichte vorzunehmen: *Agrostis*, *Aera*, *Alopecurus*, *Anthoxanthum*, *Cynosurus*, *Dactylis*, *Festuca*, *Glyceria*, *Holcus*, *Lolium*, *Molinia*, *Nicotiana*, *Phalaris*, *Poa*, *Umbelliferen*.

Besonders zu beachten ist, dass sich manche Samenarten, besonders Gräser, je nach Jahrgang und Herkunft verschieden gegen eine Belichtung während der Keimung verhalten. Nebenversuche unter Belichtung sind daher namentlich auch für alle vorstehend nicht genannten Arten von Gräsern zu empfehlen.

Bezüglich der Koniferen siehe den besonderen Teil.

Falls die Keimung im Lichte wesentlich höhere Resultate ergibt, gelten diese; der Untersuchungsbericht muss jedoch in diesen Fällen die Bemerkung enthalten, dass der Keimprozess unter Zutritt des Tageslichtes stattgefunden hat. Von der Belichtung des Keimbettes durch künstliche Lichtquellen ist Abstand zu nehmen. Im übrigen wird bemerkt, dass der Zutritt von Licht den Keimprozess bei manchen Samenarten erheblich verzögern bzw. die Keimfähigkeit herabsetzen kann, z. B. bei *Phacelia*.

f) Zeitdauer des Keimversuches. Die Keimprüfungen werden nach Ablauf der im folgenden für die einzelnen Samenarten¹⁾ festgesetzten Zeit abgeschlossen:

Coniferae	28 Tage:	<i>Abies</i> (Tanne), <i>Larix</i> (Lärche), <i>Picea</i> (Fichte), <i>Pinus silvestris</i> (gem. Kiefer);
	42 "	<i>Pinus nigra</i> (Schwarzkiefer);
	60 "	<i>Pinus Strobus</i> (Weymouthskiefer).
Gramineae	10 Tage:	<i>Avena</i> (Hafer), <i>Hordeum</i> (Gerste), <i>Secale</i> (Roggen), <i>Triticum</i> (Weizen), <i>Zea</i> (Mais), <i>Panicum</i> (Hirse);
	14 "	<i>Arrhenatherum</i> und <i>Lolium</i> (Raigräser), <i>Andropogon</i> (Sorgho, Zuckerhirse), <i>Bromus</i> (Trespe), <i>Phalaris arundinacea</i> (Glanzgras), <i>Phleum</i> (Timothee), <i>Agropyrum repens</i> (Quecke);
	21 "	<i>Agrostis</i> (Fiorin-, Straussgras), <i>Aera</i> (Schmele), <i>Alopecurus</i> (Fuchsschwanz), <i>Anthoxanthum</i> (Ruchgras), <i>Cynosurus</i> (Kammgras), <i>Dactylis</i> (Knaulgras), <i>Elymus</i> (Strandhafer), <i>Festuca</i> (Schwingel), <i>Holcus</i> (Honiggras), <i>Trisetum</i> <i>flavescens</i> (Goldhafer);
	28 "	<i>Brachypodium</i> (Zwenke), <i>Poa</i> (Rispengras).

¹⁾ Bezüglich der Sämereien von Gemüse- und Gewürzpflanzen wird auf den besonderen Teil verwiesen.

Betulaceae	28 Tage: Alnus (Erle), Betula (Birke).
Fagaceae	28 Tage: Fagus (Buche), Quercus (Eiche).
Cannabaceae	14 Tage: Cannabis (Hanf).
Polygonaceae	10 Tage: Fagopyrum (Buchweizen).
Chenopodiaceae	14 Tage: Beta (Futter-, Zuckerrüben).
Caryophyllaceae	10 Tage: Spergula (Spörgel).
Papaveraceae	10 Tage: Papaver (Mohn).
Cruciferae	10 Tage: Brassica- und Sinapis-Arten, Camelina sativa (Dotter).
Resedaceae	14 Tage: Reseda Luteola (Wan).
Leguminosae	10 Tage: Anthyllis (Wundklee), Glycine (Sojabohne), Lathyrus sativus (Platterbse), Lens (Linse), Lupinus (Lupine), Medicago (Gelbklee, Luzerne), Melilotus (Steinklee), Phaseolus coccineus (Feuerbohne), vulgaris (Bohne, Fiole und Spielarten), Pisum sativum (Saaterbse), arvense (Ackererbse, Peluschke), Trifolium-Arten (Inkarnat-, Rot-, Schwedisch-, Weissklee), Vicia Faba (Puff-, Pferdebohne), V. sativa (Saatwicke);
	14 „ Lotus (Horn- oder Schotenklee), Onobrychis (Esparsette), Ornithopus (Serradella);
	21 Tage: Lathyrus pratensis, silvester (Wiesen-, Waldplatterbse), Vicia villosa (Sand- oder Zottelwicke).
Linaceae	10 Tage: Linum (Lein).
Malvaceae	21 Tage: Althaea officinalis (Eibisch).
Umbelliferae	21 Tage: Carum Carvi (Kümmel), Daucus Carota (Möhre).
Solanaceae	14 Tage: Nicotiana (Tabak).
Cucurbitaceae	14 Tage: Cucurbita Pepo (Kürbis), Cucumis sativus (Gurke).
Compositae	10 Tage: Cichorium (Zichorie), Helianthus (Sonnenblume).

Der Keimversuch kann schon vor dem festgesetzten Zeitpunkt abgeschlossen werden, sofern sicher ist, dass sich das Ergebnis nicht mehr ändern kann.

Wird in besonderen Fällen die vorgeschriebene Keimdauer überschritten, was sich namentlich bei Kleearten und einigen Gräsern häufig als notwendig erweist, so ist doch stets das Keimergebnis am Schlusse der vorgeschriebenen Keimzeit mit anzugeben.

Zur Entscheidung der Frage, ob ein Same als gekeimt anzusehen ist, wird auf den besonderen Teil verwiesen.

g) Untersuchungsspielraum. Das Mittel der Keim-
ergebnisse der Einzelversuche gilt als Prozentzahl der Keim-
fähigkeit. Überschreitet die Abweichung der Einzelkeimversuche
zwischen dem höchsten und niedrigsten Ergebnisse bei hoch-
keimenden Samen 10 %, bei solchen, deren Keimfähigkeit 50 %
nahe liegt, aber 15 %, so ist der Versuch als fehlerhaft zu ver-
werfen und die Keimprüfung zu wiederholen.

Betreffs der Rüben siehe den besonderen Teil.

8. Prüfung des Gesundheitszustandes und der Triebkraft.

Bei vielen Samenarten ist für das Verhalten auf dem
Felde nicht nur die Höhe der Keimfähigkeit, sondern auch der
Gesundheitszustand der Samen, besonders der Befall durch be-
stimmte Pilze und andere Organismen, entscheidend. Angaben
über Methoden, die zur Feststellung dieser Verhältnisse dienen,
finden sich im besonderen Teil.

III. Berichterstattung und Bewertung.

1. Untersuchungsberichte.

Jeder Untersuchungsbericht hat ausser dem Ergebnis
(bei Rüben vergl. S. 394 unter 7) folgende Angaben zu enthalten:

- a) Den Namen des Einsenders, sowie Ort und Datum des Ab-
ganges des Musters;
- b) das Datum des Einganges bei der Versuchsstation;
- c) die Bezeichnung des Musters durch den Einsender und
nötigenfalls eine Angabe über die von der Versuchsstation
festgesetzte botanische Art der Samen;
- d) das Gewicht der eingegangenen Probe und einen ent-
sprechenden Vermerk, wenn dieses für eine vorschrifts-
mässige Untersuchung nicht ausreichend war;
- e) die Erwähnung des Vorhandenseins oder Fehlens eines
Musterziehungszeugnisses;
- f) Mitteilung über die Beschaffenheit der Verpackung und
etwaiger Verschlussiegel oder Plomben beim Eingange des
Musters;
- g) die Adresse des Empfängers, an den der Untersuchungs-
bericht gesandt wird, das Abgangsdatum des Berichtes und
die Unterschrift des verantwortlichen Leiters der Anstalt
oder seines Vertreters.

Für Vorberichte können Postkarten verwendet werden.

In einem der Vorberichte über den Verlauf der Keimung und im Schlussbericht ist auch anzugeben die Höhe der Keimfähigkeit, die ermittelt wird:

Nach 3 vollen Tagen bei Anthyllis, Brassica, Camelina, Cichorium, Glycine, Hordeum, Lens, Linum, Medicago, Melilotus, Papaver, Pisum, Raphanus, Secale, Spargula, Sinapis, Trifolium, Triticum, Vicia sativa.

Nach 4 vollen Tagen bei Achillea, Artemisia, Avena, Endivia, Fagopyrum, Helianthus, Lactuca, Lepidium, Lupinus, Nasturtium, Panicum, Scorzonera, Spinacia, Tragopogon, Vicia Faba, Zea.

Nach 5 vollen Tagen bei Agropyrum, Allium, Althaea, Anethum, Apium, Arrhenatherum, Bromus, Cucumis, Cucurbita, Festuca pratensis, Lathyrus sativus, Lolium, Nicotiana, Ornithopus, Pastinaca, Petroselinum, Phleum, Portulaca, Rumex, Rheum.

Nach 6 vollen Tagen bei Agrostis, Andropogon, Cannabis, Chaerophyllum, Daucus, Foeniculum, Lotus, Onobrychis, Reseda, Trisetum flavescens.

Nach 7 vollen Tagen bei Apera, Alopecurus, Anthoxanthum, Atriplex, Beta vulgaris, Borrigo, Carum, Coriandrum, Cynosurus, Dactylis, Elymus, Festuca, Holcus, Labiatae, Lathyrus pratensis und silvestris, Phalaris, Picea, Pimpinella, Ruta, Sanguisorba, Valerianella, Vicia villosa.

Nach 10 vollen Tagen bei Abies, Asparagus, Brachypodium, Larix, Poa.

Nach 14 vollen Tagen bei Pinus nigra, silvestris und Strobus.

2. Spielräume.

a) Keimfähigkeits-Spielraum. Bei Anstellung der Keimprüfungen in der vorgeschriebenen Weise und unter Annahme des bei den RODEWALDSchen Untersuchungen ermittelten zweifachen wahrscheinlichen Gesamtfehlers als Spielraum (vergl. Landw. Versuchs-Stationen, Bd. XXXVI, S. 105 und 215 und Arbeiten der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft, Heft 101, sowie Beschluss des Deutschen Landwirtschaftsrates, Ausschuss für Handelsgebräuche, vom 21. Oktober 1905) gelten gegenüber der geleisteten Garantie folgende Spielräume:

Geleistete Garantie	Spielraum nach oben und unten
0.1— 5 oder 99.99—95	4.2
5.1—10 „ 94.99—90	5.7
10.1—15 „ 89.99—85	6.8
15.1—20 „ 84.99—80	7.7
20.1—25 „ 79.99—75	8.3
25.1—30 „ 74.99—70	8.8
30.1—35 „ 69.99—65	9.1
35.1—40 „ 64.99—60	9.4
40.1—45 „ 59.99—55	9.4
45.1—50 „ 54.99—50	9.6

b) Reinheits-Spielraum. Bei Samen mit einer garantierten Reinheit von 97 und mehr Prozent sind Abweichungen um 1 %, bei einer Reinheit von 96.9—90 % um 2 %, bei Samen unter 90 % Reinheit Abweichungen um 3 % nach oben und unten zulässig.

c) Seide-Spielraum. Es wird ausdrücklich festgestellt, dass eine Saat, die in der Probe auch nur 1 Korn Seide enthält, nicht als seidefrei bezeichnet werden darf.

Die Garantie dafür, dass eine Saat auf Seide gereinigt sei, gilt als erfüllt, wenn sich bei Rotklee oder anderen grosskörnigen Kleearten in 100 g, bei Weissklee und ähnlichen feinkörnigen Samen in 50 g nicht mehr als 1 Korn Seide vorfindet.

3. Wertausgleichsrechnung in Differenzfällen.

Wenn anderweitige Abmachungen nicht bestehen, findet bei Keimfähigkeits- oder Reinheitsdifferenzen, welche die Spielräume überschreiten, die Wertberechnung proportional der Reinheit und der Keimfähigkeit, einzeln genommen, in folgender Weise statt:

- a) wenn die Reinheit und Keimfähigkeit innerhalb der Spielräume mit den Garantien übereinstimmen, findet keinerlei Ersatz statt. Für den Spielraum massgebend ist der garantierte Wert.
- b) Wenn beide Spielräume nach oben oder unten überschritten sind, wird der Wertausgleich durch folgende Rechnung ermittelt und bedeutet hierbei:

Rg die garantierte Reinheit,
 Kg " " Keimfähigkeit,
 R „ gelieferte Reinheit,
 K „ „ Keimfähigkeit,
 r den Spielraum der Reinheit,
 k „ „ „ Keimfähigkeit,
 a „ bedungenen Kaufpreis,
 x „ gesuchten Preis, der an Stelle von a treten soll.

Wenn beide Spielräume nach unten oder der eine nach oben und der andere nach unten überschritten sind, so ist

$$x = \frac{(R - r)}{R_g} \cdot \frac{(K + k)a}{K_g}.$$

Dabei sind r und k mit plus (+) einzusetzen, wenn der Verkäufer weniger geliefert als garantiert hat, mit minus (—) dagegen, wenn der Verkäufer mehr geliefert als garantiert hat.

Stimmen Rg und R innerhalb des Spielraumes überein, nicht aber Kg und K, so lautet die Formel:

$$x = \frac{(K + k)a}{K_g}.$$

Stimmen Kg und K innerhalb des Spielraumes überein, nicht aber Rg und R, so lautet die Formel:

$$x = \frac{(R + r)a}{R_g}.$$

Die zu zahlende Entschädigung ist a — x. Falls sich x grösser erweist als a, so bleibt es bei dem bedungenen Kaufpreise.

IV. Schiedsprüfungen.

Die Schiedsprüfungen dienen zur Entscheidung von Differenzen, die entstehen, wenn eine Station das Ergebnis einer angefochtenen Untersuchung nach nochmaliger Untersuchung der Probe aufrecht erhält, sodann zur eigenen Rechtfertigung einer Verbandsstation und endlich für den Samenhandel in solchen Fällen, wo in Verkaufs- oder Lieferungsverträgen keine besonderen Bestimmungen über das Berufungsverfahren enthalten sind.

Bei der Beantragung der Schiedsprüfung sind dem Vorsitzenden des Samenprüfungs-Ausschusses mit der betreffenden Restprobe alle zur Beurteilung der Angelegenheit nötigen Unterlagen mitzuteilen. Die Schiedsprüfungen werden vom Vorsitzenden erledigt und sind von mindestens zwei Stationen zur Ausführung zu bringen.

Bei allen Schiedsprüfungen muss das Gewicht der in das Keimbett gebrachten Proben festgestellt und im Bericht angegeben werden.

Auf Antrag der die Schiedsprüfung veranlassenden Station ist ein Schiedsspruch vom Samenprüfungs-Ausschuss zu fällen.

Die Kosten der Schiedsprüfung trägt die unterliegende Partei oder, wenn eine solche nicht in Betracht kommt, der Antragsteller. Der Vorsitzende des Samenprüfungs-Ausschusses ist berechtigt, vor Einleitung des Schiedsverfahrens vom Antragsteller Kostenvorschuss zu fordern.

B. Besonderer Teil.

I. Getreide.

1. Bei der Bestimmung der Reinheit des Getreides (einschliesslich Mais, Hirse und Buchweizen) sind als sehr lästige Beimengungen besonders zu beachten und bei ihrem Vorkommen im Untersuchungsbericht erläuternd aufzuführen: Andere Getreidearten, Flughafer, Trespe, Kornrade, kleinsamige Wickenarten, Hederich, Mutterkorn usw.

Zerschlagene Körner und „gewachsene“ Körner mit vertrockneten Würzelchen oder Blattkeimen sind als Mangelkörner auszuscheiden. (Vergl. S. 368, 3b.) Dagegen sind bei Gerste und Hafer entspelzte Körner nicht auszuscheiden, aber bei stärkerem Auftreten im Untersuchungsberichte zu erwähnen.

2. Als Keimbett ist bei Getreide in erster Linie Quarzsand zu verwenden. Die Körner sind in den Sand einzudrücken. Die üblichen Keimbetten aus Fliesspapier sind wegen der ungleichmässigen Wasserzuführung nicht zu empfehlen, wohl aber Kartonschälchen, die auf feuchtes Fliesspapier gestellt werden. Sie gewähren die Möglichkeit, auch den Gesundheitszustand annähernd schon bis zum 5. Keimungstage festzustellen.

Als gekeimt gelten Getreidekörner dann, wenn sie die Würzelchen normal entwickelt haben. Körner, die eine nicht normale Entwicklung des Keimlings zeigen, bleiben zur Beobachtung im Keimbett und werden als gekeimt nur gezählt, wenn bis zum Abschluss Wurzel und Blattkeime normal entwickelt sind. Um mit Sicherheit feststellen zu können, dass die Keimung wirklich normal, d. h. ohne Störungen und Hemmungen, verläuft, ist es notwendig, in einem der Keimbetten die Keimlinge mindestens 5—6 Tage lang in Beobachtung zu halten. Zeigen der ganze Keimungsverlauf, namentlich mangelhafte Keimungsgeschwindigkeit und andere Merkmale, dass die zu prüfenden Samen von nichtnormaler Beschaffenheit sind oder noch nicht die volle Keimreife besitzen, so ist einerseits der Keimversuch über

den 10. Tag hinaus weiterzuführen, andererseits nach den ersten auf nichtnormale Beschaffenheit oder mangelnde Reife hindeutenden Wahrnehmungen ein Versuch bei niedriger Temperatur ($8-12^{\circ}\text{C.}$) anzustellen. In der Zeit unmittelbar nach der Ernte bis Ende des Jahres ist die Prüfung des Getreidesaatguts bei niedriger Temperatur stets in mindestens einer Versuchsreihe gleich von vornherein durchzuführen. Namentlich in der Zeit vor der Herbstsaat wird dadurch die wünschenswerte Beschleunigung der Untersuchung gewährleistet.

3. Auf die Ursachen von etwa während der Untersuchung sich ergebenden Hemmungen und Störungen der Keimung ist im Bericht soweit möglich hinzuweisen.

In Betracht kommen dabei hauptsächlich: Keimunreife, Notreife, Einfluss ungünstigen Erntewetters, Erhitzung auf dem Lager bei feuchter Einbringung, mangelhafter Gesundheitszustand infolge von Organismenbefall, zu hohes Alter, Überbeizung.

Liegt Keimunreife vor, so ist der Einsender darauf aufmerksam zu machen, dass das Saatgut seine volle Keimfähigkeit erst erhält, wenn es auf dem Lager in nicht zu hoher Schicht aufbewahrt und öfters durchgeschaufelt wird, während es namentlich bei Aufbewahrung in Säcken leicht verderben könnte.

Handelt es sich um Notreife, so ist auf die grössere Empfindlichkeit des Saatguts gegen Beizmittel, vor allem gegen die übliche Kupfervitriol- und Formaldehydbeizung, hinzuweisen.

Bei Einfluss ungünstigen Erntewetters und Erhitzung des Saatguts auf dem Lager ist eine gute Lagerung besonders wichtig; ausserdem ist namentlich bei eingetretener Selbsterhitzung häufig *Penicillium*befall vorhanden, der selbst bei noch ziemlich guter Keimfähigkeit sehr mangelhaftes Auflaufen auf schwereren Bodenarten zur Folge haben kann.

Bei altem Saatgut wird, falls sich sonst kein Mangel kund gibt, entsprechende Erhöhung der Saatgutmenge zu empfehlen sein.

Um welche Zustände des Saatguts es sich gegebenenfalls handelt, wird meist schon durch dessen äussere Beschaffenheit und noch mehr im Verlauf des Keimversuchs sich zeigen. Zur genaueren Feststellung, namentlich des Gesundheitszustandes bzw. des Grades eines Befalls, sowie der durch sonstige

Einflüsse etwa geschwächten Triebkraft bedient man sich der HILTNERschen Ziegelgrusmethode.

In besonderen aus Zink hergestellten Keimzellen¹⁾ wird steriler Ziegelgrus²⁾ verwendet, dessen Korngrösse 2—3 mm beträgt und der von Anfang an gleich so viel sterilisiertes Wasser zugesetzt erhält, als für den Versuch notwendig ist, so dass ein späteres Nachgiessen nicht zu erfolgen braucht. Für 1100 g Ziegelgrus, die für eine Keimzelle in Betracht kommen, genügt $\frac{1}{4}$ l Wasser. Sparsamer und für die meisten Zwecke ebenso gut kommt man aus mit gewöhnlichen, aus Zinkblech hergestellten Kästen von 100 qcm Grundfläche und 8 cm Höhe, für die je die Hälfte des Ziegelgruses und des Wassers genügen. Es werden je 100 Körner der zu prüfenden Probe auf den feucht angefüllten Ziegelgrus ausgelegt und alsdann mit einer 3—4 cm hohen Schicht des gleichen feuchten Ziegelgruses überdeckt. Die Kästen bleiben dann 14 Tage in einem vor Licht geschützten Schrank bei gewöhnlicher Zimmertemperatur. Ist das zu prüfende Saatgut von *Fusarium* befallen, so kann man nach 14 Tagen an einem Teil der inzwischen aus dem Ziegelgrus hervorgetretenen Keimlinge ein feines, weisses Myzel an der Austrittsstelle um den Keimling herum wahrnehmen, doch ist es zur Gewinnung eines richtigen Bildes über die Stärke des Befalls notwendig, beim Abschluss sämtliche Keimlinge aus dem Grus herauszunehmen. Hierbei zeigt sich nun, dass sehr stark befallene Keimlinge infolge der Zerstörung des als Bohrspitze wirkenden ersten Scheidenblatts nicht mehr imstande waren, die Ziegelgrusschicht zu durchbrechen, sondern sich zum Teil korkzieherartig krümmten. Eine gleiche Erscheinung kann auch eintreten, wenn es sich um Notreife handelt. In diesem Falle fehlt aber das Myzel und ausserdem ist an den aus dem Ziegelgrus herausgewachsenen Keimlingen die Scheide nicht braun gefärbt, wie es bei *Fusarium*-befall infolge der Pilzwirkung stets der Fall ist. In Zweifelsfällen legt man die verdächtigen Keimlinge noch in eine feuchte Kammer, in der schon nach wenigen Tagen das charakteristische *Fusarium*myzel stark hervortritt.

¹⁾ Zu beziehen von PAUL ALTMANN, Berlin NW. 6, Luisenstrasse 47.

²⁾ Zu beziehen von der Firma ALOIS STEINBECKER, Baugeschäft, Freising oder von der Maschinenfabrik von LÖHNERT, Aktiengesellschaft in Bromberg.

Es wäre durchaus falsch, die Stärke des Fusariumbefalls oder irgend einer anderen Keimungshemmung lediglich nach der sogen. Triebkraft zu bestimmen, zumal diese auch herabgemindert sein kann, wenn es sich nur um Keimunreife, also um einen an sich durchaus nicht krankhaften Zustand des Saatguts handelt.

Die Stärke des Fusariumbefalls ist nicht zahlenmässig anzugeben, da sie nicht nur von der Zahl befallener Körner bzw. Keimlinge, sondern auch vom Grade des Befalls der einzelnen Körner abhängt.

Bei stärkerem Befall ist Beizung mit sublimathaltigen Mitteln anzuraten.

Bei Untersuchung der dem Ziegelgrus nach Abschluss des Versuchs entnommenen Samen und Keimlinge ist auch etwaiger Befall durch *Penicillium*, *Aspergillus*, *Botrytis* usw. dem Grade nach feststellbar, weil durch den Ziegelgrus gegenseitige Ansteckung der Körner vermieden und demnach das Krankheitsbild nicht verwischt wird. Bei den einzelnen Getreidearten ist noch folgendes zu berücksichtigen:

Weizen. Besonders zu beachten und im Bericht zu vermerken ist das Vorhandensein von vollen Brandkörnern, von durch Steinbrand schwarz gefärbten Körnern oder Bärten. Ebenso müssen beachtet werden: Rade- oder Gicht- (Nematoden) Körner, sowie von *Tinea granella* oder sonstigen Speicherschädlingen angegangene Körner. Handelt es sich um minder starken Besatz mit Brandsporen, so ist dieser, falls es besonders verlangt wird, nach dem Verfahren von REINELT oder APPEL nachzuweisen.

Nach REINELT wird eine Mittelprobe reiner Körner im Gewicht von 10 g mit 25 ccm Äther in verschliessbarem Scheidetrichter geschüttelt. Der Äther wird in einen Messzylinder mit Stopfen abgelassen, darauf wird eine zweite Waschung mit 25 ccm Äther vorgenommen. Die zweite Äthermenge ist ebenfalls in den Messzylinder zu bringen, so dass man im ganzen 50 ccm Sporenaufschwemmung erhält. Was an 50 ccm fehlen sollte, wird mit reinem Äther aufgefüllt. Von diesen 50 ccm Äther werden 10 ccm entnommen und hierzu 10 ccm Kollodium gegeben. Diese Äther-Kollodium-Mischung wird gut durchgerührt und 1 ccm davon wird mit einer Pipette auf eine Glasplatte (grosser Objektträger) gebracht. Die Flüssigkeit breitet sich hier gleichmässig aus, der Äther verdunstet und das Kollodium erstarrt in etwa 10 Minuten zu einem dünnen durchsichtigen Häutchen, in das die vorhandenen Brandsporen eingeschlossen sind.

Die Flächengröße des Kollodiumhäutchens wird hierauf durch Auflegen der Glasplatte auf Millimeterpapier festgestellt. Nunmehr grenzt man an verschiedenen Stellen des Kollodiumhäutchens mit einem Raster Flächen von 1 qcm ab und zählt auf diesen die vorhandenen Sporen aus. Nach deren Zahl berechnet man die Anzahl der auf die ganze Häutchenfläche entfallenden Brandsporen. Deren Zahl, mit 10000 multipliziert, gibt dann die Sporenmenge in 1 kg des Saatguts und damit einen Maßstab, ob starker oder nur geringer Besatz vorliegt. Ein brandiges Weizenkorn enthält ungefähr 2,5 Millionen Sporen.

Das **APPELsche** Verfahren ist beschrieben im Jahrgang 1906, S. 203 u. f. des Jahresberichtes der Vereinigung für angewandte Botanik.

Bestimmung der Mehligkeit. Nach JALOWETZ.

Eine Mittelprobe von 500 Körnern wird $\frac{1}{2}$ Stunde lang in 40 %iger Formalinlösung gekocht, lufttrocken gemacht und davon werden 5mal 100 Korn mit dem **PRINZTSchen** Farinatom geschnitten. Nach dem Schnittergebnis wird die Zahl der vollmehligen, $\frac{3}{4}$ mehligen, $\frac{1}{2}$ mehligen und $\frac{1}{4}$ mehligen Körner festgestellt. Die Anzahl der vollmehligen Körner wird mit 4, die der $\frac{3}{4}$ mehligen mit 3, die der $\frac{1}{2}$ mehligen mit 2 und die der $\frac{1}{4}$ mehligen mit 1 multipliziert. Die Summe dieser Produkte durch 4 geteilt, gibt die Prozentzahl der Mehligkeit, die nach dem Mittel der 5 Schnittproben berechnet wird.

Spelzweizen. Zur Keimprüfung werden 4mal 100 bespelzte Körner abgewogen und davon 2mal 100 mit den Spelzen und 2mal 100 entspelzt, um das prozentische Verhältnis zwischen nackten und bespelzten Körnern festzustellen, im Sandkeimbett angesetzt.

Beim Spelzweizen ist auf die Brandkörner besonders zu achten. Prüfung auf *Fusarium* und dergleichen erfolgt wie bei Weizen.

Roggen. Besonders zu beachten und im Bericht zu vermerken ist das Vorkommen von Mutterkorn, Stengelbrand und Speicherschädlingen. Die Feststellung eines etwaigen *Fusarium*-befalls ist bei Roggen wegen der durch ihn bedingten Auswinterungsgefahr besonders wichtig.

Gerste. Die Prüfung von Saatgerste auf Reinheit und Keimfähigkeit usw. erfolgt nach der für Getreide allgemein angegebenen Methoden.

Handelt es sich um Braugerste, so sind zur Bestimmung der Keimfähigkeit aus einer Mittelprobe der Sortierung I und II

5mal 100 Körner abzuzählen, 6 Stunden in Leitungswasser bei Zimmertemperatur anzuquellen und darauf im angefeuchteten Papierkeimbett bei normaler Temperatur zur Keimung anzusetzen. Nach 72 Stunden einschliesslich der Quellzeit wird die Keimkraft bestimmt, die bei Braugerste mindestens 90 % betragen muss. Der Abschluss des Keimversuchs erfolgt nach 6 Tagen. Die Braugerste muss mindestens 95 % Keimfähigkeit besitzen.

Zur Bestimmung des Spelzengehalts der Gerste empfiehlt sich das Verfahren von LUFF: Eine Mittelprobe von 50 Körnern wird genau abgewogen und in einem verschlossenen Kochfläschchen mit 10 ccm 5 % igem Ammoniak eine Stunde lang bei 80° C. im Wasserbade erhitzt. Hierauf lassen sich die Spelzen mit Pinzette und Präpariernadel leicht von dem Endosperm trennen. Sie werden auf tariertem Uhrglas gesammelt, bei 105° C. getrocknet und nach dem Erkalten gewogen. Das gefundene Gewicht ist um $\frac{1}{10}$, der durch das Ammoniak verursachten Auslaugung entsprechend, zu erhöhen. Es sind 2 Vergleichsbestimmungen auszuführen, falls diese um mehr als 5 % abweichen noch eine dritte.

Die Bestimmung der Mehligkeit erfolgt wie bei Weizen.

Sortierung der Braugerste. Diese erfolgt mit Siebsätzen von 2.8 (Sortierung I), 2.5 (Sortierung II) und 2.2 mm Schlitzweite (Sortierung III und Abfall). Die Proben werden 5 Minuten lang bei bestimmter gleicher Umdrehungszahl mit einem Sortierapparat gesiebt. Die Sortierungsanteile werden nach dem Gewicht der Untersuchungsprobe auf 100 berechnet, angegeben. Von den 3 Sorten wird das Tausendkorngewicht bestimmt.

Hafer. Wenn die Frage der Sortenreinheit bei Hafer in Betracht kommt, so ist auf die Farbe (weiss, gelb, schwarz) und auf Begrannung zu achten.

Zur Bestimmung des prozentischen Spelzenanteils werden 200 Körner gewogen und mit der NEERGARDSchen Zange entspelzt. Spelzen und entspelzte Körner werden zurückgewogen und bei 105° getrocknet. Der Spelzenanteil wird auf 100 g Trockensubstanz berechnet.

Bei Feststellung des Tausendkorngewichts sind nackte Körner nicht mit einzubeziehen.

Mais. Beachtung der Zugehörigkeit zur Sortengruppe, soweit am Korn feststellbar. Da Art und Grad des Pilzbefalls (*Fusarium*, *Penicillium*, *Aspergillus*) das Auflaufen des Maises oft in hohem Grade beeinflussen, so ist hierauf gegebenenfalls besonders zu achten.

Hirse. Das Keimbett ist mässig feucht zu halten. Zur Feststellung kleiner Mengen von Brandsporen kommt, falls sie gewünscht wird, das REINELTSCHE Verfahren (siehe Weizen) in Betracht.

Buchweizen. Wegen der Varietäten ist auf die Kornfarbe zu achten. Da häufig verpilzte, dumpfe und taube Samen vorkommen, so ist auf deren Ermittlung besonderes Gewicht zu legen.

II. Grassämereien.

1. Probeziehung. Bei Grassämereien, die in Ballen fest zusammengeschnürt sind, können die Proben nicht durch Ausschütten genommen werden, da die Ware nur schwer wieder in die alte Verpackung gebracht werden kann. Es ist daher jeder Ballen an einer beliebigen Stelle durch einen Schnitt zu öffnen und durch Hineingreifen aus dem Innern eine Probe zu entnehmen. Der Ballen kann dann wieder vernäht werden. Die genommenen Einzelproben werden zusammengeschüttet und gut gemischt.

2. Bestimmung der Reinheit. Aus den noch der Vorschrift unter II. 1. S. 366 gezogenen engeren Mittelproben werden zunächst die Verunreinigungen (Sand, Steinchen, fremde Samen, Stroh usw.), ferner unter Benützung einer Spiegelglasplatte oder nach Erfordern des Diaphanoskops Spreu, taube, sowie nur staubbeutelenthaltende oder von Insektenlarven besetzte Früchtchen herausgelesen. Sie werden gewogen und prozentisch auf die ausgelesene Probe bezogen. Im Einzelnen ist dabei noch folgendes zu beachten:

a) Zur Feststellung der tauben Spelzen ist eine Spiegelglasplatte von etwa 1 cm Stärke und etwa 50 cm im Quadrat, unter die man Papier von verschiedener Farbe legen kann, sehr geeignet. Die Platte (Samenspiegel) wirkt schon annähernd wie ein Diaphanoskop. Mit Ausnahme von *Alopecurus*, für das das Diaphanoskop nicht zu entbehren ist, lässt sich die Reinheit der anderen Gräser auf diesen Platten fehlerfrei feststellen. Es genügt dann eine Nachprüfung auf dem Diaphanoskop.

b) Ganze Ährchen sind in die einzelnen Scheinfrüchte zu zerlegen und in reine Saat und Spreu zu trennen (Knaulgras, Schafschwingel usw.).

c) Alopecurus und Rohrglanzgras sind stets auf dem Samenspiegel auf Gallmückenlarven und Thrips zu untersuchen.

d) Fioringras kommt in 2 Formen im Handel vor, die als „choice“ und „fancy“ bezeichnet werden. Die erstere ist die unbehandelte Ware und besteht aus den Fruchtährchen, d. h. jede Frucht ist in zwei Spelzenpaare eingeschlossen. Die letztere ist die gereinigte Ware; sie setzt sich im wesentlichen aus den von den Ährchenspelzen befreiten, aber noch von den häutigen Blütenspelzen eingeschlossenen Früchten zusammen. Bei der Rohware sind daher die fruchttragenden Ährchen als reine Ware anzusehen, bei der gereinigten die einfach bespelzten Früchte. Hier noch vorhandene Ährchen sind zu entspelzen. Die Rohware verändert sich leicht bei längerem Lagern durch allmähliches Abfallen der Ährchenspelzen. Hier sind bei größeren Abweichungen, die sich bei Nachuntersuchungen ergeben können, die Anzahl der einfach bespelzten Früchte vergleichsweise festzustellen. Ähnlich liegen die Verhältnisse bei Honiggras. Hier gibt es aus den Ährchen bestehende Rohware und enthülste Ware. Beide sind nach den gleichen Gesichtspunkten zu behandeln.

e) Bei italienischem Raigras ist die Gewichtsmenge von unbegrannten, bei englischem Raigras von begrannten Früchten, bei Timothee von nackten Früchten anzugeben, sobald sie 5 % übersteigt. Als reine Saat gelten aber bei den Raigräsern begrannte und unbegrannte, bei Timothee auch nackte Früchte.

3. Prüfung der Keimfähigkeit. Von dem bei der Reinheitsbestimmung als rein ausgesonderten Teil werden die für die Keimprüfung nötigen 400 Früchte abgezählt. Die Keimprüfung wird nach den Bestimmungen unter II. S. 366 u. 370 ausgeführt.

Als Keimbett kommen bei allen Grassämereien in Betracht: Filtrierpapier, Karton- oder Tonschälchen.

Bei den einzelnen Arten von Grassamen ist noch folgendes zu beachten:

a) Besonders Fioringras, aber auch Timothee, Honiggras, Kammgras und Goldhafer sind von vornherein feuchter zu halten als die anderen Gräser und wenigstens in der ersten

Keimzeit vor stärkerem Eintrocknen zu bewahren, sonst kann der ganze Keimversuch gefährdet werden.

b) Ähnlich wie Rübensamen verhalten sich manche Gräser, z. B. Raigras und Wiesenschwingel, zu dem Vorquellen. Es gibt Jahrgänge, die ungequollen, also nach der allgemeinen Vorschrift eingekeimt, normale Keimung aufweisen und wieder andere, die nur nach mehrstündigem Vorquellen normalen Verlauf der Keimung zeigen. Es empfiehlt sich daher, je 2 Versuche ohne Vorquellung, die beiden anderen mit 5 stündiger Vorquellung auszuführen.

c) Zu beachten ist, dass bei fast allen Gräsern die Keimung begünstigt wird, wenn am Abend und während der Nacht die Temperatur unter 20° , womöglich auf 10° zurückgeht.

d) Bei Poaarten und Schafschwingel ist die Steigerung der Temperatur auf 30° und die Herabsetzung auf 20° möglichst schnell herbeizuführen.

4. Bestimmung der Herkunft: Hier gilt im allgemeinen das gleiche, was bei den Kleesaaten ausgeführt ist.

III. Leguminosensamen.

1. Bei sämtlichen Arten von Leguminosensamen ist während des Keimungsverlaufs und besonders am Abschlusstag des Keimversuchs folgendes zu beachten:

a) Gesund gequollene Samen sind der Zahl der Keimlinge zuzurechnen, aber im Untersuchungsbericht der Zahl nach anzugeben.

b) Hartschalige (ungequollene) Samen sind im Untersuchungsbericht als solche zahlenmässig anzugeben, mit der Bemerkung, dass ein unbestimmter Bruchteil innerhalb nutzbarer Zeit voraussichtlich nachkeimen dürfte.

c) Zerbrochene Keime gelten als ungekeimt, sofern beide Kotyledonen im Keimbett abfallen; der Verlust eines der Keimblätter wird als belanglos angesehen. Keime, deren Würzelchen abgebrochen sind, gelten als gekeimt, wenn sich bis zum Abschlusstage eine oder mehrere Adventivwurzeln ausbilden. Die Prozentzahl der zerbrochenen Keime, welche nach vorstehenden Grundsätzen als nicht gekeimt gelten, ist im Atteste anzugeben.

Zur richtigen Beurteilung der zerbrochenen Keime dürfen Leguminosensamen ganz allgemein nicht vor Ablauf von 72 Stunden

aus dem Keimbett entfernt werden, auch wenn sie anscheinend normal gekeimt sind.

Bei den kleeartigen Samen (einschliesslich enthülster Esparsette) ist die Keimung entweder auf Ton- oder Kartonschälchen in wasserdampfgesättigtem Raume (Rodewaldscher Kasten) oder in Fliesspapierkeimbetten zu vollziehen, die mit etwa 65—70 % der wasserhaltenden Kraft des Keimmediums angefeuchtet sind.

2. Bezüglich der bei verschiedenen Kleearten besonders wichtigen Herkunftsbestimmung ist folgendes zu beachten:

Die Angabe eines engeren Herkunftsgebietes als etwa „westeuropäisch, osteuropäisch“ usw. ist wichtig und daher, wenn irgend möglich, erforderlich, wenn der Anbauwert je nach dem näher zu erkennenden Ursprungsland ein verschiedener ist, so z. B. bei spanischer Luzerne im Gegensatz zu italienischer und südfranzösischer, ostrussischem Klee im Gegensatz zu westrussischem.

Für alle Fälle, wo eine engere Herkunftsbestimmung möglich ist, wird folgende (beispielsweise) Fassung vorgeschlagen. „Die Ware stammt aus Mitteleuropa, wahrscheinlich aus Süddeutschland.“

Ist die Herkunft einer Saat vom Einsender angegeben und handelt es sich demnach um eine Nachprüfung der Angabe, so empfiehlt sich nachstehender Wortlaut für die Begutachtung:

a) „Die Probe bietet keinen Anlass, die Richtigkeit der Herkunftsangabe zu bezweifeln.“

b) „Die Probe ist mit angemischt.“

c) „Die Probe stammt nicht aus, sondern aus“.

In Zweifelsfällen empfiehlt es sich, namentlich wenn die eingesandte Probe weniger als 200—300 g beträgt, zu bemerken:

d) „Die Probe ist für eine Herkunftsbestimmung zu klein.“

Einzelne Samenarten.

Rotklee. Bei der Beurteilung von Rotkleeaaten, die grössere Mengen von Gelb- und Wundklee enthalten, ist zu berücksichtigen, dass in manchen Gegenden Gemische von Rotklee, Gelb- und Wundklee gebaut werden.

Luzerne. Zu beachten ist die Möglichkeit des Vorkommens von sogen. Wollklettensamen (*Medicago denticulata*, *maculata*).

Häufig finden sich dabei kleine, in der Regel geknickte Stückchen von Stahldraht, welche von den Kratzbürsten der Wollfabriken herrühren.

Missfarbiger oder alter Luzernesamen wird bisweilen geschwefelt. Näheres über den Nachweis der Schwefelung ist unter Weissklee zu vergleichen. Ab und zu findet aber nur ein Bleichen des Samens durch Auslaugen des Farbstoffes mit Wasser statt. Derartige Behandlung ist daran zu erkennen, dass sonst weisse Beimengungen gelb erscheinen, so z. B. die Samen der Kornblume, ferner die Pappuskronen von *Centaurea solstitialis*. In diesen Fällen findet man auch regelmässig die Samen von *Plantago lanceolata*, *Brunella vulgaris*, *Salvia pratensis* mit sich und anderen zu Klumpen verklebt.

Gelbklee. Zu beachten ist, dass als Gelbklee nicht selten die Samen des wildwachsenden, sogen. Steingelbklees im Handel sind, der je nach seiner Herkunft aus Ungarn, Galizien und Podolien oder Frankreich durch verschiedene Begleitunkräuter charakterisiert ist und bei französischem Ursprung meist Getreidebruch enthält. Die wesentlich kleineren Körner des Steingelbklees sind auch durch ihre rundliche Form, ihre grünliche Farbe und häufig braune Punktierung, sowie durch ihre starke Hartschaligkeit erkennbar.

Falls es sich nicht um unenthülste Ware handelt, sind die häufig an einem kleinen Teil der Samen noch ansitzenden Hülsen zu entfernen und den fremden Bestandteilen zuzurechnen. Bei nicht enthülstem Gelbklee ist die Keimprüfung in 2 Reihen, nämlich mit Früchten und mit enthülsten Samen durchzuführen. Stark platt gequetschte Samen, die in enthülster Ware sehr häufig sich vorfinden, sind den fremden Bestandteilen zuzurechnen.

Weissklee. Bisweilen werden die Samen von *Trifolium angulatum* und *parviflorum* zum Verschnitt benutzt. Missfarbig gewordener alter Same wird ab und zu geschwefelt, wodurch er wieder eine hellgelbe Farbe erhält; der Geruch solcher Saaten ist meist säuerlich. Der Nachweis der stattgehabten Schwefelung wird wie folgt festgestellt.

In ein Kölbchen werden 10 g Weissklee und etwa 1—2 g chem. reines Zink gegeben und mit einer Mischung von 25 ccm

Wasser mit 12 ccm Salzsäure übergossen. Über die Öffnung des Kölbchens wird alsdann eine (schon vorher fertiggestellte) doppelte Lage Filtrierpapier, auf welches einige Tropfen Bleiessig zu geben sind, gestülpt, nachdem ein Wattepfropf lose in den oberen Teil des Kölbchenhalses geschoben wurde. Färbt sich die mit Bleiessig befeuchtete Stelle des Filtrierpapiers alsbald stark braun (Schwefelblei), so ist Schwefelung sicher. Schwache Braunfärbungen, die erst nach etwa 10 Minuten auftreten, sind nicht beweisend; diese können von Zersetzungsprodukten der Eiweissstoffe zerschlagener Körner herrühren.

Schwedenklee. Missfarbiger oder alter Schwedenklee-samen wird bisweilen künstlich aufgefärbt. Kennzeichen: Beim Reiben mit einem weissen Tuch nimmt dieses alsdann leicht die grüne Farbe an. (Ganz frischer Schwedenklee in dieser Weise behandelt färbt allerdings auch, aber nur ganz schwach und nur bei sehr starkem Reiben!)

Bisweilen werden missfarbige Samen mit violetten Farbstoffen behandelt, so dass sie (die Verunreinigungen auch!) fast schwarz erscheinen. In diesen Fällen färbt sich nach der Behandlung einer kleinen Probe mit Alkohol dieser sofort violett. Ab und zu erscheinen Gemische von *Trifolium angulatum* mit *Trifolium parviflorum* (aus dem ungarischen Tieflande stammend), welche als Schwedenklee bzw. als Bastardklee bezeichnet werden. *Trifolium angulatum* ähnelt sehr dem Schwedenklee, während *Trifolium parviflorum* stark an Weissklee erinnert. Diese Kleearten lassen sich leicht an den Begleitunkräutern (*Erodium*, *Festuca ovina*, *capillata* u. a.) erkennen.

Serradella. Bei *Serradella* sind etwa vorhandene Fruchtstiele, ebenso taube Gliederhülsen den fremden Bestandteilen zuzurechnen.

Bei **Esparsette** ist der Keimversuch mit enthülstem und nicht enthülstem Samen durchzuführen und das Ergebnis beider Reihen ist im Bericht anzugeben. Da sich in 100 Früchten meist etwas weniger als 100 Samen vorfinden, so ist im Bericht das Ergebnis der Prüfung der enthülsten Samen nicht auf 100 Samen, sondern auf 100 Früchte zu beziehen.

Bei **Wickensamen** ist auf die Bestätigung der Echtheit ganz besonders zu achten.

Bei sogen. Wickgemengen oder Mengkorn, d. h. bei Saaten, die eine Mischung von Hafer oder anderen Getreide-

arten mit Erbsen, Wicken u. dergl. darstellen, ist der Prozentsatz der sie zusammensetzenden Samenarten zu ermitteln und von jeder dieser Arten ist, falls sie mindestens 20 % der Mischung ausmacht, die Keimfähigkeit festzustellen.

Für grössere Leguminosensamen: *Glycine* (Soja), *Onobrychis*, *Lathyrus*, *Lens*, *Lupinus*, *Phaseolus*, *Pisum*, *Vicia*, ist das Sandkeimbett zu benutzen. Die Samen werden in den feuchten Sand derart eingedrückt, dass ihre Oberseite in die Ebene der Keimbetttoberfläche fällt, und mit einer Glasscheibe bedeckt.

Bei grossen, stark quellenden Samen ist während der ersten Tage des Keimprozesses für reichliche Wasserzufuhr zu sorgen; sind die Samen völlig aufgequollen, genügt ein mässig feuchtes Keimbett.

Zur Prüfung des Gesundheitszustandes aller grösseren Leguminosensamen empfiehlt es sich, neben dem ordnungsmässigen Keimversuch in einer Reihe auch das Ziegelgrusverfahren (vergl. Getreide S. 380) zur Anwendung zu bringen. Dabei ist besonders zu achten auf das Vorhandensein von *Ascochyta Pisi* bei Erbsensamen, von *Gloeosporium Lindemuthianum* an Bohnensamen, von *Fusarium* an Erbsen, Wicken, Bohnen, Lupinen usw., von *Penicillium*, *Botrytis*, Bakterien usw. an verschiedenen Arten. Auf die Gefährlichkeit mancher dieser Pilzarten, wie *Ascochyta* und *Gloeosporium* ist im Bericht hinzuweisen.

Von *Bruchus* befallene Samen sind bei der Reinheits- und Keimfähigkeitsbestimmung nicht auszuschneiden, soweit nicht die Bestimmung auf S. 368, 3b in Betracht kommt. Im Bericht ist aber bei stärkerem Auftreten zu bemerken, ob und in wie vielen der Körner sich noch lebende Käfer vorfinden.

Von *Apion* angestochene Körner werden in der Regel nicht auszuschneiden sein, während bei den von *Grapholita* angegangenen Samen von Erbsen usw., unter Berücksichtigung der Vorschrift S. 368, 3b, wohl meist umgekehrt zu verfahren ist.

IV. Futter- und Zuckerrübensaat.

1. Probeziehung.

Sofern nicht die Deutschen Normen (siehe Anhang) in Betracht kommen und nach diesen zu verfahren ist, sind die nach der Allgemeinen Vorschrift unter I. 1b und c gewonnenen

Proben sofort zu vereinigen und sorgfältig zu einem Muster zu mischen, das dann in 3 möglichst gleichmässige Teile zu teilen ist. Samenstecher sind zur Probenahme nicht geeignet.

2. Grösse der Mittelprobe und Art der Verpackung.

Jede einzusendende Mittelprobe sollte mindestens 200 g betragen, wenn Keimfähigkeit und Reinheit bestimmt werden sollen.

Sind die eingegangenen Proben erheblich grösser, so sind daraus Mittelproben von etwa 200 g zur Untersuchung zu ziehen.

Für die Wasserbestimmung ist Einsendung in einem luftdicht schliessenden Gefäss unbedingt erforderlich. (Vergl. allgemeine Vorschriften S. 2.) Es empfiehlt sich, aus dieser Probe für eine etwa später notwendige Kontrolle sofort eine Knäuelgewichtsbestimmung auszuführen.

3. Wasserbestimmung.

Bei der Wasserbestimmung sind die in Abschnitt A, S. 369, unter 6 gegebenen Vorschriften zu beachten. Von der Mittelprobe sind zweimal je 10 g zu trocknen. Weichen zwei Bestimmungen untereinander um mehr als 0.5 % ab, so sind sie zu wiederholen.

4. Sortenreinheit und Echtheit.

In allen Fällen, wo die Sortenreinheit und Echtheit aus der Farbe und Gestalt der Keimpflanzen nicht festgestellt werden kann, hat die Ermittlung derselben durch einen Feldversuch zu erfolgen.

5. Reinheit und Knäuelgewicht.

Die Gewinnung der engeren Mittelproben hat nach dem Fliessverfahren oder mit Hilfe eines Probeziehungsapparates zu erfolgen.

Als Verunreinigungen gelten ausser Steinchen, Erdbröckchen usw. auch die freien Hochblätter und die Stoppeln, gegebenenfalls nach Entfernung etwa ansitzender Knäule. Der Prozentsatz an sogen. Stoppelknäulen ist besonders zu bestimmen. Im Bericht ist auf ihre Hinderlichkeit bei der Aussaat besonders hinzuweisen.

Nach den Deutschen Normen zählen zu den Verunreinigungen auch die durch das 2 mm-Schlitzsieb fallenden Knäule.

Enthält eine Probe bei dem Absieben durch das 2 mm-Sieb auch viel Staub, so ist die Bestimmung S. 367, Absatz 3 zu beachten.

Als Mangelkörner gelten vollständig leere und taube Früchte und Knäule. Die engeren Mittelproben dürfen nicht abgerieben werden.

Die Bestimmung des Knäuelgewichtes erfolgt, wenn keine Keimprüfung vorzunehmen ist, unmittelbar anschliessend an die Reinheitsbestimmung durch Auszählung der reinen Knäule der gesamten engeren Mittelprobe und Umrechnung des Ergebnisses auf 1 g reine Ware und auf das Tausendknäuelgewicht.

Bei der Zählprozentmethode (siehe nachstehend unter 6a) wird das Tausendknäuelgewicht nach Auszählung der einzelnen Siebanteile berechnet.

6. Bestimmung der Keimfähigkeit.

a) Entnahme der einzukeimenden Knäule. Die einzukeimenden Knäule sind der gereinigten engeren Mittelprobe zu entnehmen; sie müssen in bezug auf die Anzahl der grossen, mittleren und kleinen Knäule der durchschnittlichen Beschaffenheit der Probe entsprechen. Ein Absieben kleiner Knäule ist unzulässig.

Zur Gewinnung der einzukeimenden Knäule ist die Zählgewichtsmethode oder die Zählprozentmethode anzuwenden.

Bei der Zählgewichtsmethode verfährt man in der Weise, dass aus der gesamten engeren, gereinigten, abgezählten und abgewogenen Mittelprobe nach dem gleichen Verfahren, das bei ihrer Gewinnung zur Anwendung gelangte, eine kleinere Probe entnommen wird, die der Schätzung nach etwas mehr als 200 Knäule enthält. Hiervon werden die für die Keimprüfung notwendigen 2×100 Knäule abgezählt. Das Gewicht der je 100 Knäule ist zur Kontrolle ebenfalls festzustellen und durch Ausgleich auf das bekannte durchschnittliche Knäuelgewicht zu bringen.

Bei Anwendung der Zählprozentmethode ist die gesamte engere Mittelprobe von mindestens 20 g mittels eines Satzes von wenigstens 3 Schlitzsieben¹⁾ von z. B. 4, 3 und 2.5 mm Schlitzweite in Grössengruppen zu zerlegen. Ent-

¹⁾ Solche Siebsätze können von Gebrüder ROBER-Wutha und F. ERGANG, Maschinenfabrik Magdeburg, bezogen werden.

sprechend dem prozentischen Anteil der Zahl der in den einzelnen Grössengruppen enthaltenen Knäule ist die zu berechnende Anzahl von Knäulen aus den einzelnen Gruppen zu entnehmen. Die Summe der aus allen Grössengruppen entnommenen Knäule muss natürlich 100 betragen. Hier ist zur Kontrolle das Gewicht der einzukeimenden Knäule ebenfalls festzustellen.

b) Keimbett. Als Keimbett ist ausschliesslich feinkörniger Quarzsand zu verwenden in Mengen von etwa 300—400 g. Der Sand ist zu 60 % seiner wasserhaltenden Kraft zu befeuchten.

c) Das Einlegen der Knäule. Die Knäule werden in den Sand flach eingedrückt. Ein Markör erleichtert das Einlegen. Auf die Knäule wird eine geeignete Glasplatte so gelegt, dass sie die Knäule an den feuchten Sand dauernd andrückt, ohne die seitliche Luftzuführung abzuschneiden. Das Gefäss ist zu bedecken, ohne dass die auf den Knäulen liegende Glasplatte dadurch beschwert wird.

d) Keimdauer. Sofern nicht vom Einsender andere Zeiträume vorgeschrieben werden, hat die erste Zählung der Keime nach 7mal 24 Stunden zu erfolgen. Es empfiehlt sich, hierbei die ungekeimten Knäule in ein besonderes Keimbett zu bringen. Bei der Auszählung sind die Keime vollständig zu entfernen. Die Knäule mit Keimen gelten als „gekeimte Knäule“ und werden von den nichtgekeimten abgesondert, am besten durch Übertragung in ein neues Keimbett.

e) Kranke Keime. Eine zahlenmässige Angabe über das Auftreten von kranken Keimen ist tunlichst abzulehnen.

Die Keimprüfung ist zu wiederholen, wenn der Unterschied zwischen dem höchsten und niedrigsten Versuchsergebnis in der Anzahl der keimenden Knäule grösser als 10 und in der Anzahl der Keime grösser als 15 ist. Die Bestimmung der Knäuelzahl ist zu wiederholen, wenn das Auszählungsergebnis der Mittelprobe von 20 g um mehr als 50 Knäule abweicht.

7. Aufstellung des Untersuchungsberichtes.

Der Untersuchungsbericht hat, sofern nicht die Vorschriften besonderer Normen zu berücksichtigen sind, ausser den bei der Untersuchung aller Saatwaren zu machenden Angaben im allgemeinen folgende Zahlenangaben, soweit die Keimfähigkeit in Frage kommt, zu enthalten:

- a) Die Zahl der aus 100 Knäulen im Durchschnitt der einzelnen Versuche bei der ersten Auszählung und bei Abschluss des Versuches erhaltenen Keimpflanzen und gekeimten Knäule;
- b) die Zahl der in 1 g reiner Ware enthaltenen Knäule;
- c) die Zahl der aus 1 g oder 1 kg reiner Ware bei Abschluss des Versuches erhaltenen Keimpflanzen und keimenden Knäule;
- d) das Gewicht von 1000 Knäulen.

V. Waldsämereien.

Bei Kiefern, Fichten und anderen Koniferensamen ähnlicher Grösse, sowie bei Erlen, Birken u. dergl. ist die Keimung in Filtrierpapier oder auf Ton- bzw. Kartonschälchen vorzunehmen. Für grössere Koniferensamen, sowie für Eicheln, Bucheln usw., ist das Sandkeimbett zu verwenden.

Am Ende des Keimversuches ist an den nicht gekeimten Samen eine Schnittprobe auszuführen, um die Zahl der dem Anschein nach noch frischen, der gefaulten, der von Insektenlarven besetzten und der tauben Körner festzustellen. Das Ergebnis ist im Untersuchungsbericht aufzuführen.

Bei Samen, die erfahrungsgemäss im künstlichen Keimbett überhaupt nicht oder nur sehr langsam keimen, wie jene vom Abies, Eichen, Buchen, Ahorn, Esche, Juglans, Carya usw., ist die Schnittprobe nach 28 Tagen auszuführen. Die Zahl der etwa gekeimten und der durch Schnittprobe als frisch erkannten Samen ist im Bericht anzugeben.

Koniferensamen sind, mindestens in Vergleichsreihen, bei Lichtzutritt zu prüfen.

Bei Fichtensamen kommen häufig eigentümlich gedrehte, hellbräunlich gefärbte, dünnschalige, von einer Gallmückenlarve bewohnte Körner vor; sie sind als keimunfähig auszuscheiden.

Bei Eicheln dürfen bereits angekeimte Samen mit vertrockneten Wurzeln nicht ausgeschieden werden; sie sind vielmehr in das Keimbett mit aufzunehmen.

VI. Samen der Gemüse- und Gewürzpflanzen.

Einzusendende Samenmenge: 5—10 g bei den kleinsten, 10—50 g bei den grösseren Samen.

1. Reinheit. Massgebend sind die Bestimmungen des allgemeinen Teiles; bei einzelnen Arten können höhere Prozent-

sätze tauber Samen auftreten, und es empfiehlt sich in diesem Falle folgendes Verfahren: Man benutzt zur Ausführung der Reinheitsbestimmung einen Hornspatel und untersucht bei zweifelhaften Samen durch vorsichtiges Andrücken, ob sie taub sind; in besonderen Fällen ist auch das Diaphanoskop anwendbar. Bruchkörner werden zu den fremden Bestandteilen, nackte Samen zu den reinen Samen gezogen.

2. Keimfähigkeit. Neben den allgemeinen Bestimmungen ist folgendes zu beachten: Angesetzt werden 3 oder 4×100 bzw. 3 oder 4×50 Samen, je nach Grösse und Menge der eingesandten Proben. Soweit bisher Erfahrungen über Keimdauer, Keimbett und Keimtemperatur vorliegen, sind sie in nachstehender Tabelle für jede einzelne Samenart angegeben. Es ist aber bei deren Benutzung zu berücksichtigen, dass sich vielfach diese Erfahrungen auf die Untersuchung einer nur geringen Anzahl von Proben beziehen, und man wird daher in vielen Fällen verschiedene Verfahren nebeneinander anzuwenden haben. Insbesondere wird empfohlen, derartige Keimversuche bei 15° , bei 20° und bei intermittierender Temperatur (18 Stunden 20° , 6 Stunden 30°), sowie am Licht durchzuführen. Auch die Prüfung verschiedener Keimbetten ist zweckmässig.

Das beste Ergebnis und die Methode, durch die es erzielt ist, sind im Bericht anzugeben.

Keimbetten: 1. Tonschälchen, 2. Filtrierpapier, 3. Sand.

Samenart:	Keimbett	Keim- temperatur ° C.	Vorbe- richt über Keimfähig- keit nach Tagen	Keim- dauer Tage
Liliaceae:				
<i>Allium Cepa</i> (Zwiebel)	1, 2, 3	10—20	5	14
<i>A. Schoenoprasum</i> (Schnittlauch)				
<i>A. Ampeloprasum</i> (Porree)				
<i>Asparagus officinalis</i> (Spargel)	1, 2, 3	20 20—30	10	28
Polygonaceae:				
<i>Rumex acetosa</i> (Sauerampfer)	1, 2, 3	20	5	14
<i>Rheum rhabonticum</i> (Rhapontica- wurzel)	1, 2	20	5	14
<i>Rh. undulatum</i> (Rhabarber)				

Samenart:	Keimbett	Keim- temperatur ° C.	Vorbe- richt über Keimfähig- keit nach Tagen	Keim- dauer Tage
Chenopodiaceae:				
Atriplex hortense (Gartenmelde).	2	15—20	7	28
Beta vulgaris var. Cicla (Garten- mangold)	3	20—30	7	14
Spinacia oleracea (Spinat)) . . .	3	20—30	4	14
Portulacaceae:				
Portulaca sativa (Portulak). . .	1, 2, 3	20	5	14
Cruciferae:				
Brassica oleracea (Kohlarten). . .	1, 2, 3	20	3	10
Raphanus sativus (Rettich, Ra- dieschen)				
Lepidium sativum (Gartenkresse)	1, 2, 3	20	4	10
Nasturtium officinale (Brunnen- kresse)				
Rosaceae:				
Sanguisorba minor (Pimpernelle).	1, 2, 3	20—30	7	28
Valerianaceae:				
Valerianella olitoria (Rapunzel).	2, 3	15	7	28
Cucurbitaceae:				
Cucumis Melo (Melone)	1, 2, 3	20	5	14
C. sativus (Gurke)				
Cucurbita Pepo (Kürbis)				
Compositae:				
Achillea Millefolium (Schafgarbe)	1, 2	20—30	4	10
Artemisia Dracunculus (Estragon)				
A. vulgaris (Beifuss)	1, 2	20—30	3	10
A. Absinthium (Wermut)				
Cichorium Intubus (Zichorie) . .	1, 2	20—30	4	10
C. Endivia (Endivie)	1, 2	20—30	4	10
Lactuca sativa var. capitata (Kopf- salat)	1, 2	15	4	10
Scorzonera hispanica (Schwarz- wurzel	1, 2	20	4	10
Tragopogon porrifolius (Hafer- wurzel				

Samenart:	Keimbett	Keim- temperatur ° C.	Vorbe- richt über Keimfähig- keit nach Tagen	Keim- dauer Tage
Rutaceae:				
Ruta graveolens (Raute) . . .	1, 2	20	7	28
Umbelliferae:				
Anethum graveolens (Dill) . . .	1, 2	20—30	5	14
Chaerophilium Cerefolium (Kerbel) }	1, 2	20—30	6	21
Daucus Carota (Möhre, Karotte) }				
Apium graveolens (Sellerie) . . . }	1, 2	20—30	5	14
Petroselinum hortense (Petersilie) }				
Foeniculum vulgare (Fenchel) .	1, 2	20—30	6	14
Pastinaca sativa (Pastinak) . .	1, 2	20—30	5	14
Pimpinella Anisum (Anis) . . . }				
Coriandrum sativum (Koriander) }	1, 2	20—30	7	21
Carum carvi (Kümmel) }				
Borraginaceae:				
Borrago officinalis (Boretsch) . .	1, 2 3,	20	7	21
Labiatae:				
Rosmarinus officinalis (Rosmarin) }	1, 2, 3	20 20—30	7	21
Lavandula Spica (Lavendel) . .				
Salvia officinalis (Salbei) . . .				
Melissa officinalis (Melisse) . .				
Satureia hortensis (Pfefferkraut) }				
Maiorana sativum (Majoran) . .				
Thymus vulgaris (Thymian) . . .				
Menta Piperita (Pfefferminze) .				
M. crispa (Krauseminze) }				
Solanaceae:				
Solanum Lycopersicum (Tomate) . }	?	?	?	?
Capsicum annuum (Spanischer Pfeffer) }				
Rubiaceae:				
Asperula odorata (Waldmeister) .	?	?	?	?

Deutsche Normen für den Handel mit Zuckerrübensamen (1914).

Zwischen dem Ausschuss für Handelsgebräuche (Deutscher Landwirtschaftsrat, Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft, Bund der Landwirte, Reichsverband der deutschen landwirtschaftlichen Genossenschaften, Generalverband ländlicher Genossenschaften für Deutschland, Vereinigung der deutschen christlichen Bauernvereine), dem Verein der Deutschen Zuckerindustrie (Abteilung der Rohzuckerfabriken) und der Gesellschaft zur Förderung deutscher Pflanzenzucht sind die nachstehenden Bedingungen für den Zuckerrübensamenhandel vereinbart worden.

Folgende Bestimmungen gelten in den Fällen, in denen nicht anderweitige Vereinbarungen bestehen.

§ 1. Der Zuckerrübensamen ist in guter Beschaffenheit, gebrauchsfähig und, abgesehen von der Siebung für Reinigungszwecke, ohne Sortierung nach der Knäuelgrösse zu liefern. Der Samen muss der bezeichneten Sorte entsprechen und im übrigen die nachstehenden Bedingungen erfüllen.

§ 2. Der Same soll mindestens 85 % Trockensubstanz (15 % Wasser) enthalten. Er ist noch lieferbar mit einer Trockensubstanz bis 83 % (17 % Wasser), doch ist die an 85 % fehlende Trockensubstanz entsprechend zu vergüten (s. Formel § 5).

§ 3. Die Reinheit soll mindestens 96 % betragen (reiner Same nach Abzug der Verunreinigungen einschliesslich der durch ein 2 mm-Schlitzsieb absiebbarer Knäule). Lieferbar ist der Same noch mit einer Reinheit von 94.5 %, doch ist die an 96 % fehlende Reinheit entsprechend zu vergüten (s. Formel § 5).

§ 4. 1 kg Rübensamen muss in 14 Tagen mindestens

- | | | |
|----|--------------------------|--------------|
| a) | bei grossknäuligen Samen | 60000 Keime, |
| b) | " mittel " | 65000 " |
| c) | " klein " | 70000 " |

liefern. Von den geforderten Keimen sollen nach 7 Tagen mindestens 70 % ausgetrieben sein.

Von 100 Knäulen müssen in 14 Tagen mindestens

- | | | |
|----|--------------------------|------------|
| a) | bei grossknäuligen Samen | 80 Knäule, |
| b) | " mittel " | 75 " |
| c) | " klein " | 70 " |

keimen. Als grossknäulich gilt der Same, der höchstens 40 Knäule auf 1 g enthält, als mittelknäulich der, der 41—50 Knäule, als kleinknäulich der Same, der 51 oder mehr Knäule auf 1 g enthält.

§ 5. Erfüllt der Same eine der Bedingungen der §§ 1—4 nicht, so ist er nicht lieferbar.

Ist gemäss § 2 oder § 3 der Kaufpreis zu mindern, so geschieht dies nach der Formel:

$$\frac{\text{vereinbarter Kaufpreis} \times \text{gelieferter Wert}}{\text{garantierter Wert}};$$

ist aber gemäss § 2 und § 3 der Kaufpreis zu mindern, so geschieht dies nach der Formel:

vereinbarter Kaufpreis \times gelieferte Trockensubstanz \times gelieferte Reinheit
85 \times 96.

§ 6. Falls nichts anderes vereinbart ist, hat die Probenahme innerhalb 3 Tagen nach Ankunft der Ware durch einen vereideten Probenehmer zu erfolgen. Für die Probenahme gelten die im Anhang mitgeteilten Vorschriften.

§ 7. Die Feststellung der Vertragsmässigkeit der Lieferung geschieht durch eine dem Verbands landwirtschaftlicher Versuchs-Stationen im Deutschen Reiche angehörende Station nach den von diesem Verbands aufgestellten Untersuchungsmethoden.

Jede Partei hat das Recht, eine diesem Verbands angehörende Station zur Untersuchung des Samens zu bestimmen. Als massgebend gilt das Mittel der beiden Untersuchungsergebnisse. Jede Partei hat weiter das Recht, ohne Angabe von Gründen, jedoch spätestens innerhalb 4 Tagen nach erlangter Kenntnis vom Resultat der beiden ersten Untersuchungen, eine Schiedsanalyse seitens einer dritten zu vereinbarenden oder durch das Los zu bestimmenden Station zu verlangen. Bei dem Antrage auf Schiedsanalyse ist anzugeben, auf welche Feststellung diese sich erstrecken soll. Als massgebend gilt das Mittel aus der Schiedsanalyse und der Voranalyse, welche sich in bezug auf den oder die strittigen Punkte der ersteren am meisten nähert. Liegt das Ergebnis der Schiedsanalyse in der Mitte, so gilt dieses.

Jede Partei trägt die Kosten ihrer Analyse, die Kosten der Schiedsanalyse der Antragsteller.

§ 8. Wird das Auftreten von fremden Rüben, das sind Futterrüben und dergl., aus dem gelieferten Samen gerügt, so entscheidet ein im gleichen oder folgenden Jahre mit einem beglaubigten Muster ausgeführter Anbauversuch. Dieser wird ausgeführt durch eine nach den Bestimmungen über die Schiedsanalyse auszuwählende Versuchsstation. Jede Partei hat das Recht, zur Feststellung des Ergebnisses einen Sachverständigen zu entsenden. Der Vorsteher der Versuchsstation bestimmt den Termin der Feststellung und ist Obmann.

Vorschrift über die Probenahme von Zuckerrübensamen.

1. Probenahme.

Es darf nur dann Probe genommen werden, wenn die Partien, in Säcke verpackt, vollständig dastehen oder aufgestapelt sind und zwar so, dass ein sicheres Überzählen, bei aufgestapelten Partien ein annähernd sicheres Überzählen ermöglicht ist. Auch muss die Partie gezeichnet und so kenntlich sein, dass über ihre Identität kein Zweifel besteht.

Besteht die Partie aus mehr als 100 Sack, so sind die Proben aus wenigstens dem 20. Teil der Säcke zu entnehmen, sonst wenigstens dem 10. Teile. Bei Partien unter 20 Sack sind aus der Hälfte der Säcke Proben zu entnehmen.

Die Säcke, aus denen der Probenehmer Proben zu entnehmen wünscht, hat er selbst auszuwählen. Er hat die Proben aus den verschiedensten Teilen der Partie und aus den verschiedensten Stellen des einzelnen Sackes, nicht etwa nur aus der obersten Schicht zu nehmen und kann zu diesem Zwecke eine ihm geeignet erscheinende Anzahl Säcke stürzen lassen. Auf Verlangen eines der Interessenten ist er verpflichtet, sämtliche zur Probenahme ausgewählten Säcke stürzen zu lassen. Erweist sich aber in diesem Falle die

Probenahme durch Stürzen z. B. wegen Mangels an Raum als unzweckmässig, so ist dies im Probenahmebericht zu bemerken. Verwendung eines Stechers ist nur gestattet, wenn er so beschaffen ist, dass die Kerne nicht beschädigt werden.

Der Probenehmer darf verlangen, dass die ihm zur Probenahme erforderlich erscheinenden Arbeitskräfte zur Verfügung gestellt werden.

Eine Probenahme im Eisenbahnwaggon ist zulässig. Auch auf diese Probenahme finden die obigen Vorschriften sinngemäss Anwendung.

2. Behandlung der Proben.

Das aus den kleinen Mengen hergestellte Durchschnittsmuster ist nach sorgfältiger Mischung in so viele Teile zu zerlegen, wie Proben genommen werden sollen.

Die Proben für die Wasser- und Reinheitsbestimmung sind in luftdicht schliessenden, reinen und trockenen Gefässen, entweder in Gläsern oder Blechbüchsen zu verschliessen und der Verschluss ist mit Siegellack, Kautschukpflaster, Wachs oder dergl. abzudichten. Eingeschliffene Glasstopfen sind einzufetten. Die Proben sind fest in die Gläser oder Büchsen einzudrücken. Jede Probe soll wenigstens 200 g wiegen.

Die für die Keimfähigkeitsprüfung bestimmten Proben sind in festen Stoffbeuteln oder Papierdoppeldüten zu verwahren; luftdichter Einschluss solcher Proben ist nicht gestattet. Jede dieser Proben soll wenigstens 200 g wiegen.

Die Muster sind mit dem Siegel oder der Plombe des Probenehmers und, wenn möglich, mit dem Siegel oder der Plombe der anwesenden Partei oder Parteien derart zu versehen, dass ein Öffnen der Behälter oder Beutel oder Düten ohne deren oder des Verschlusses Beschädigung unmöglich ist. Die so verschlossenen Büchsen hat der Probenehmer mit einem gut haftenden und ausserdem angesiegelten Papierblättchen zu bekleben, bezw. die Beutel mit Etiketté zu versehen, auf welchen die Journalnummer des Probenehmers, Ort und Datum der Probenahme, Zeichen und Anzahl der zur Partie gehörenden Säcke, Name des Lieferanten oder Empfängers, unter Umständen auch nur des augenblicklichen Besitzers des Samens, sowie die Art der Packung nach dem Augenschein angegeben und durch Unterschrift des Probenehmers bescheinigt werden. Erfolgt die Probenahme im Eisenbahnwaggon, so ist dies gleichfalls unter Angabe der Nummer des Wagens auf der Aufschrift der Proben zu vermerken.

Auf Antrag hat der Probenehmer Abschriften dieser Aufschrift (Atteste) zu erteilen und in diesen Art und Aussehen der Siegel oder Plompen anzugeben.

Der Probenehmer hat für das rechtzeitige Vorhandensein der zur Probenahme erforderlichen Werkzeuge und Materialien Sorge zu tragen.

3. Anzahl und Bestimmung der fertigen Proben.

Der Probenehmer hat je nach Anweisung 4 oder 5 Muster in Blechbüchsen oder Flaschen und ebensoviel in Beuteln oder Düten zu entnehmen. Die erforderlichen Muster sind von ihm innerhalb 24 Stunden an die vom Auftraggeber aufgegebenen Stellen zu senden. Je ein Doppelmuster ist von ihm dem Käufer und Verkäufer zu senden und ein Doppelmuster bleibt beim Probenehmer.

Die Muster sind in ungeheizten, trockenen Räumen aufzubewahren. Der Probenehmer muss das bei ihm verbleibende Muster ein Jahr lang aufbewahren und darf es nur auf gemeinschaftlichen Antrag von Käufer und Verkäufer, Auftraggeber und Empfänger, aushändigen oder bei Gericht deponieren.

Dem jeweiligen Besitzer ist, sofern er mit dem Auftraggeber nicht identisch ist, eine Abschrift der Etiketten-Aufschrift auszustellen.

Der Probenehmer hat auf Wunsch der Interessenten mehr als 4 bzw. 5 Doppelmuster gegen Erstattung entsprechender Gebühren zu nehmen, jedoch bedürfen diese Proben nur seines Siegels.

4. Hindernisse bei der Probenahme.

Wird dem Probenehmer die Beobachtung dieser Vorschriften nicht möglich gemacht, so hat er die Probenahme zu unterlassen.

Deutsche Normen für den Handel mit Futterrunkelsamen (1914).

Zwischen dem Ausschuss für Handelsgebräuche (Deutscher Landwirtschaftsrat, Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft, Bund der Landwirte, Reichsverband der deutschen landwirtschaftlichen Genossenschaften für Deutschland, Vereinigung der deutschen christlichen Bauernvereine), der Gesellschaft zur Förderung deutscher Pflanzenzucht und der Vereinigung der Samenhändler Deutschlands sind die nachstehenden Bedingungen für den Futterrunkelsamenhandel vereinbart worden.

Folgende Bestimmungen gelten in den Fällen, in denen nicht anderweitige Vereinbarungen bestehen.

§ 1. Der Futterrunkelsamen ist in guter, gebrauchsfähiger Beschaffenheit zu liefern, muss der bezeichneten Sorte entsprechen und im übrigen die nachstehenden Bedingungen erfüllen.

§ 2. Der Same soll mindestens 85 % Trockensubstanz (15 % Wasser) enthalten. Er ist noch lieferbar mit einer Trockensubstanz bis 83 % (17 % Wasser), doch ist die an 85 % fehlende Trockensubstanz entsprechend zu vergüten.

§ 3. Die Reinheit soll mindestens 96 % betragen (reiner Same nach Abzug der Verunreinigungen einschliesslich der durch ein 2 mm-Schlitzsieb absiebbaren Knäule). Lieferbar ist der Same noch mit einer Reinheit von 94 %, doch ist die an 96 % fehlende Reinheit entsprechend zu vergüten.

§ 4. 1 kg Futterrunkelsamen muss in 14 Tagen mindestens 60 000 Keime liefern. Hiervon sollen in den ersten 7 Tagen wenigstens 42 000 Keime ausgetrieben sein. Der Same ist noch lieferbar mit 50 000 Keimen per kg, doch ist die an 60 000 fehlende Keimzahl entsprechend zu vergüten.

Von 100 Samenknäulen müssen in 14 Tagen bei grossknäuligem Samen mindestens 75, bei kleinknäuligem mindestens 70 gekeimt haben. Der Same ist noch lieferbar, wenn von 100 Knäulen bei grossknäuligen 70, bei kleinknäuligen 65 keimen; die an 75 bzw. 70 fehlende Zahl der gekeimten Knäule ist entsprechend zu vergüten. Grossknäuliger Samen ist solcher, der 45 Knäule oder weniger, kleinknäuliger solcher, der 46 oder mehr Knäule im Gramm reinen Samen enthält.

Bei der Berechnung des Minderwertes wird ein Mehr oder Weniger an Keimen pro kg gegen ein Weniger oder Mehr an keimenden Knäulen aufgerechnet, doch müssen die Mindestzahlen innerhalb des Normenspielraumes liegen. Ebenso darf keine Erhöhung des Kaufpreises eintreten. Für die Berechnung des Minderwertes gilt die im Anhang mitgeteilte Formel.

§ 5. Erfüllt der Same die Bedingungen der §§ 1—4 nicht, so ist er nicht lieferbar.

§ 6. Falls nichts anderes vereinbart ist, hat die Probenahme seitens des Empfängers spätestens am 3. Werktag nach Empfang der Ware zu erfolgen. Für die Probenahme gelten die im Anhang mitgeteilten Vorschriften.

§ 7. Die Feststellung der Vertragsmässigkeit der Lieferung geschieht durch eine dem Verbande landwirtschaftlicher Versuchs-Stationen im Deutschen Reiche angehörende Station nach den von diesem Verbande aufgestellten Untersuchungsmethoden.

Jede Partei hat das Recht, eine diesem Verbande angehörende Station zur Untersuchung des Samens zu bestimmen. Lassen beide untersuchen, so gilt das Mittel der beiden Untersuchungsergebnisse. Jede Partei hat weiter das Recht, ohne Angabe von Gründen, jedoch spätestens innerhalb 4 Tagen nach erlangter Kenntnis vom Resultat der beiden ersten Untersuchungen, eine Schiedsanalyse seitens einer dritten zu vereinbarenden Station zu verlangen. Bei dem Antrage auf Schiedsanalyse ist anzugeben, auf welche Feststellungen diese sich erstrecken soll. Falls die Parteien sich über diese Station innerhalb 8 Tagen nicht einigen, wird vom Vorsitzenden des Deutschen Landwirtschaftsrats eine dem Verbande landwirtschaftlicher Versuchs-Stationen im Deutschen Reiche angehörende Station bestimmt. Als massgebend gilt das Mittel aus den Ergebnissen der Schiedsanalyse und der Voranalyse, welche sich in bezug auf den oder die strittigen Punkte der ersteren am meisten nähert. Liegt das Ergebnis der Schiedsanalyse in der Mitte, so gilt dieses. Jede Partei trägt die Kosten ihrer Analyse; im Falle vertragswidriger Lieferung trägt der Verkäufer alle Analysenkosten.

§ 8. Legt Käufer Wert auf die Farbe innerhalb der Sorte, so hat er deren Feststellung beim Keimversuche zu beantragen, etwaige Rügen dieserhalb sind spätestens innerhalb 8 Tagen nach Empfang des Untersuchungs-Attestes anzubringen.

Wird die Sortenechtheit oder die Sortenreinheit des gelieferten Samens gerügt, so entscheidet ein im gleichen oder folgenden Jahre mit einem beglaubigten Muster auszuführender Anbauversuch. Dieser wird durch eine nach den Bestimmungen über die Schiedsanalyse auszuwählende Versuchs-Station ausgeführt. Jede Partei hat das Recht, zur Feststellung des Ergebnisses einen Sachverständigen zu entsenden. Der Vorsteher der Versuchs-Station bestimmt den Termin der Feststellung und ist Obmann.

Bestimmungen über die Probenahme.

Die Probenahme erfolgt, falls sie nicht durch einen vereideten Probennehmer geschieht, nach folgenden Bestimmungen:

Für die Probenahme sind bei 1—10 Packungen sämtliche, bei mehr als 10 Packungen ist jede zehnte, mindestens aber sind 10 Packungen eröffnet auszuwählen.

Verletzte und beschädigte Packungen sind — falls sie überhaupt angenommen sind — von der Probenahme auszuschliessen.

Die ausgewählten Packungen sind zu öffnen, um entweder aus ihnen oben, aus der Mitte und unten je ein Muster zu entnehmen, oder um sie ganz auszuschütten und den Samen zu durchmischen; erst dann sind von dem Haufen an mindestens 10 Stellen von oben, aus der Mitte und von unten die Muster zu entnehmen.

Die so gewonnenen Muster sind zu vereinigen, sorgfältig zu mischen und in mindestens 4 gleiche Teile zu teilen. Jeder dieser Teile muss mindestens 200 g schwer sein.

Die Proben für die Trockensubstanzbestimmung sind in luftdicht schliessenden, absolut trockenen und reinen Gefässen (Gläser oder Blechbüchsen) luftdicht zu verschliessen und der Verschluss ist mit Siegelack, Gummiring, Wachs oder dergleichen abzudichten; eingeschliffene Glasstopfen sind einzufetten.

Die zur Keimfähigkeitsprüfung bestimmten Proben sind dagegen in festen Leinwandbeuteln oder Doppeldüten zu verpacken; luftdichter Einschluss dieser Proben ist unzulässig. Alle Proben sind auf der Verpackung so zu kennzeichnen, dass ihr Ursprung jederzeit festzustellen ist.

Für die Probenahme ist ein einwandfreier Zeuge zuzuziehen, der die verschlossenen Proben mit seinem Siegel zu versiegeln oder zu plombieren hat. Eine Probenahmebescheinigung des Zeugen, aus der zu ersehen ist, dass die Proben ordnungsgemäss in seiner Gegenwart genommen und von ihm versiegelt wurden, ist der einzusendenden Probe beizufügen. Die anderen Proben sind in einem ungeheizten, trockenen Raume zu etwaigen weiteren Untersuchungen aufzubewahren.

Der Verkäufer hat das Recht, für die von ihm zu veranlassenden Untersuchungen Muster beim Käufer auf seine Kosten in gleicher Weise zu entnehmen. Haben beide Parteien Muster genommen, so sind für eine etwaige Schiedsanalyse von beiden die Gegenmuster einzusenden. Das Mittel der Untersuchungsergebnisse beider Proben gilt als Schiedsanalyse.

Formel für die Vergütungsberechnung bei der Lieferung nicht normengemässen, aber noch lieferbaren Futterrunkelsamens.

In die Formel dürfen für Trockensubstanz und Reinheit nur die Werte eingesetzt werden, welche innerhalb des Normen-Spielraumes liegen.

Ausgleich von Unterwerten durch gelieferte Überwerte ist nur innerhalb der Keimwerte zulässig (s. Normen § 4 Abs. 3).

Ausser den in den Normen festgesetzten Lieferungs-Spielräumen sind keinerlei Latitüden zulässig.

Ist gemäss § 2 oder § 3 der Kaufpreis zu mindern, so geschieht dies nach der Formel:

$$\frac{\text{vereinbarter Kaufpreis} \times \text{gelieferter Wert}}{\text{garantierter Wert}}$$

Ist gemäss § 2 und § 3 der Kaufpreis zu mindern, so geschieht dies nach der Formel:

$$\frac{\text{vereinbarter Kaufpreis} \times \text{gelieferte Trockensubstanz} \times \text{gelieferte Reinheit}}{85 \times 96}$$

Ist gemäss § 4 der Kaufpreis zu mindern, so geschieht dies nach der Formel:

$$\text{vereinbarter Kaufpreis} \times \frac{\text{Gelieferte Keime in 1 g nach 14 Tagen} + \text{gelieferte keimende Knäule nach 14 Tagen}}{2}$$

60 75 (oder 70)

In letztere Formel müssen die Zahlen für die beiden Keimfähigkeitswerte, für keimende Knäule und Keime, in jedem Falle eingesetzt werden, also auch dann, wenn der eine Keimfähigkeitsfaktor die Normen erfüllt bzw. überschreitet.

Ist gemäss § 2 und § 3 und § 4 der Kaufpreis zu mindern, so wird der hinsichtlich Reinheit und Trockensubstanz berichtigte Kaufpreis in die Formel für die Preisminderung hinsichtlich der Keimfähigkeit eingesetzt.

Die Untersuchung von Kartoffeln hinsichtlich ihres Gesundheitszustandes und ihrer Bewertung als Pflanz- und Speisekartoffel.

Die nachstehenden Bestimmungen sind von der Vereinigung für angewandte Botanik unter Mitwirkung verschiedener Mitglieder des Verbandes landwirtschaftlicher Versuchs-Stationen im Deutschen Reiche aufgestellt und vom Verband in der Generalversammlung zu Heidelberg am 15. Juni 1916 angenommen worden.

A. Gewinnung des Durchschnittsmusters.

Von Wagenladungen oder von in Haufen und Mieten lagernden Kartoffeln sind von einer möglichst grossen Anzahl, mindestens aber von zehn Stellen wahllos je 50 Knollen zu entnehmen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Proben aus den verschiedenen Schichten (oben, mitten, unten) entnommen werden. Diese Proben sind gut durchzumischen, auf einer trockenen Unterlage lückenlos auszubreiten und möglichst quadratisch zu begrenzen. Hierauf wird das erhaltene Quadrat durch Verbindung der gegenüberliegenden Ecken in 4 Dreiecke zerlegt, von denen die Kartoffeln eines Dreieckes die Durchschnittsprobe darzustellen haben. Soll eine Kontrollprobe gezogen werden, so dienen hierzu die Knollen des gegenüberliegenden Dreieckes. Ist aus räumlichen Gründen eine solche Ausbreitung nicht möglich, so werden die verschiedenen entnommenen Proben in einem Sack gesammelt und aus diesem wahllos an verschiedenen Stellen 100 Knollen herausgenommen.

Stellt sich bei der Probenahme heraus, dass in bestimmten Schichten der Ladung oder des Haufens wesentliche, äusserlich erkennbare Verschiedenheiten im Gesundheitszustand bestehen, so sind die Proben von den verschiedenen Stellen getrennt in Beuteln mit genauer Bezeichnung der Entnahmestelle einzusenden.

Bei gesackten Ladungen findet die Probeentnahme folgendermassen statt:

1. bis zu 20 Zentner wird jeder Sack oder jede Kiste,
2. über 20 Zentner jeder 10. Sack oder jede 10. Kiste vollständig auf einen Haufen ausgeschüttet und dann wie bei der Probenahme aus waggonierten Ladungen verfahren.

B. Untersuchung des Durchschnittsmusters.

Das erhaltene Durchschnittsmuster von 100 Knollen wird gewaschen und vorerst ziffernmässig das Vorhandensein solcher Krankheiten festgestellt,

die schon äusserlich an den Knollen sichtbar sind. Sodann wird, wenn erforderlich, auf mikroskopischem und kulturellem Wege der makroskopische Befund nachgeprüft. Hierauf werden die Kartoffeln durchschnitten. Sind die Gefässbündel oder ihre nächste Umgebung in auffallender Weise verfärbt oder erweicht, so sind die verdächtigen Knollen mikroskopisch und nötigenfalls kulturell auf das Vorhandensein von Mykosen und Bakteriosen zu untersuchen. Für die Feststellung der verschiedenen Krankheiten sind folgende Verfahren anzuwenden:

I. Äusserlich erkennbare Krankheiten und Beschädigungen.

1. Kartoffelkrebs¹⁾ (*Chrysophlyctis endobiotica*). An Stelle der Augen sind mehr oder minder grosse und zahlreiche Wucherungen vorhanden. In Schnitten durch diese sind die Sporangien des Pilzes nachzuweisen.

2. Bakterienfäule (Nassfäule) Das Fleisch besitzt erweichte Faulstellen. Mikroskopisch ist die Auflösung des Zellenverbandes und das Vorhandensein von Bakterienmassen nachzuweisen.

3. *Fusarium*-Fäule (Trockenfäule, *Fusarium*-Arten). Die Knolle besitzt grane, eingesunkene Flecken, die unter der Schale eine mit Stärke gefüllte Zone zeigen. Mikroskopisch sind die Sichelkonidien, nötigenfalls mit Hilfe der Züchtung in der feuchten Kammer, nachzuweisen.

4. *Phytophthora*-Fäule (*Phytophthora infestans*). Die Schale zeigt bläulich-braune, eingesunkene Flecken, unter denen sich braun verfärbte Herde befinden. Mycel oder Konidien des Pilzes wachsen aus den faulen Stellen beim Einlegen der Knollen in eine feuchte Kammer und sind mikroskopisch zu identifizieren.

5. *Rhizoctonia*-Fäule (*Rhizoctonia solani* oder *Rhizoctonia violacea*). Die Schale zeigt braune oder violette Sklerotien und Mycelstränge und darunter Faulstellen.

Mikroskopisch ist das derbe, braune oder violette Mycel des Pilzes nachzuweisen.

6. *Rhizoctonia*-Pocken (*Rhizoctonia solani*, *Hypochnus solani*). Die Schale zeigt schwarzbraune Auflagerungen (Sklerotien) von verschiedener Ausdehnung, die aus dickem, violettbraunem bis braunem Mycel bestehen.

7. Schorf (Buckel-, Flach- und Tiefschorf). Die Schale zeigt mehr oder minder zahlreiche erhabene oder eingesunkene korkig rissige Stellen von verschiedener Grösse.

8. Silberflecken (*Phellomyces sclerotiphorus*). Die Schale zeigt weissliche, silberglänzende Stellen mit kleinen schwarzen Punkten. Unter der Epidermisschicht sind mikroskopisch die kleinen schwärzlichen Sklerotien nachzuweisen (Züchtung der Konidienform aus diesen dauert Wochen).

9. Frassbeschädigungen durch Mäuse, Erdraupen, Engerlinge, Drahtwürmer, Tausendfüsse, Milben, Nematoden oder mechanische Verletzungen.

10. Frostbeschädigungen.

11. Pfropfenbildung (Kringerigheid). Auf der Schale finden sich entweder geschlossene oder offene braune Ringe, in den fortgeschrittenen

¹⁾ Wird Krebs gefunden, so ist unverzüglich der nächsten Hauptstelle für Pflanzenschutz und der Kaiserl. Biologischen Anstalt in Berlin-Dahlem Mitteilung zu machen. Verdächtiges Material ist einzusenden.

Stadien platzt die Schale an diesen Stellen auf oder es fallen pfropfenförmige Stücke heraus. Im Durchschnitt zeigen die Knollen einzelne oder konzentrisch angeordnete braune Halbkreise.

12. Mechanische Verletzungen.

II. Innere Krankheiten und Beschädigungen.

a) Nach dem Durchschneiden ohne mikroskopische Untersuchung erkennbar:

1. Eisenfleckigkeit, Stippigkeit. Im Fleisch sind regellos rostrote oder schwarze Flecken verteilt.

2. Hohlräume. Im Fleisch sind mehr oder minder grosse Höhlungen vorhanden, von denen häufig eine Fäulnis der Knollen ausgeht.

3. Innenfäule von kleinen, äusserlich leicht übersehbaren Verletzungen oder von kranken Gefässen ausgehend.

b) Erst nach mikroskopischer Untersuchung feststellbar:

1. Verfärbung und Fäulnis des Gefässringes durch Fadenpilze (*Verticillium*, *Fusarium*) oder Bakterien. Der Gefässring allein oder auch das angrenzende Gewebe ist braun verfärbt und eventuell vermorscht, oder es ist eine wenig bemerkbare diffuse Gelbfärbung und Erweichung des Gefässringes und des Nachbargewebes vorhanden. Knollen, die beim Durchschneiden quer zum Nabel Verfärbungen des Gefässringes zeigen, werden tangential zu diesem angeschnitten. Einige verfärbte Gefässbündel werden mit Stahlnadeln möglichst frei von parenchymatischem Grundgewebe herauspräpariert, zwischen zwei Objektträgern sanft gedrückt, in Glyzerin, eventuell mit etwas Schwefelsäure (1:1), aufgehellt. Ergibt die mikroskopische Untersuchung kein Pilzmycel und keine Bakterienanhäufungen, so wird die Knolle $\frac{1}{4}$ Stunde in 1 % iger Formaldehydlösung (d. i. gleich einer 2.5 % igen Mischung von Formalin, Formol oder anderen zirka 40 % Formaldehydlösungen mit Wasser) gelegt und dann mit sterilisiertem Wasser abgespült. Darauf werden mit sterilisierten Messern frische Schnittflächen hergestellt, aus dem Gefässring verfärbte Teile mittels sterilisierter Messer entnommen und auf schräg erstarrten 3 % igen Würzeagar gelegt; etwa vorhandene Pilze wachsen bei 15–20° in 4–5 Tagen aus dem Kartoffelstück heraus und können durch mikroskopische Untersuchung diagnostiziert werden. Ist der Gefässring und das benachbarte Gewebe erweicht, so empfiehlt es sich, da in diesem Falle meist Bakterienfäule vorliegt, von den erweichten Massen gefärbte oder Tuschepräparate anzulegen.

C. Beurteilung des Untersuchungsbefundes.

Der Untersuchungsbefund ist zahlenmässig (auch bei den nicht zur Beanstandung führenden Krankheiten) im Attest anzuführen.

Ganz zu verwerfen ist die Verwendung von Kartoffeln zu Pflanz- und Speisezwecken, wenn im Durchschnittsmuster auch nur Spuren von Chrysophlyctiskrebs gefunden werden.

A. Pflanzkartoffel.

I. Der Besatz mit äusserlich als krank erkennbaren Kartoffeln darf 4 % (des Gewichtes) nicht übersteigen.

(Vergleiche Berliner Vereinbarungen 1914, § 13.)

Als „äusserlich erkennbare Krankheiten“, die zur Beanstandung führen müssen, sind ausser dem Kartoffelkrebs zu betrachten:

1. Bakterienfäule (Nassfäule).
2. Fusariumfäule (Trockenfäule).
3. Phytophthorafäule (stärkere Grade).
4. Rhizoctoniafäule.
5. Schorf (soweit die Keimfähigkeit der Pflanzkartoffeln dadurch beeinträchtigt wird).
6. Erfrorene Kartoffeln.

II. Pflanzkartoffeln sind unbeschädigt zu liefern.

(Vergleiche Berliner Vereinbarungen 1914, § 13.)

Als Beschädigungen haben zu gelten:

1. Stärkere Frassbeschädigungen (da diese nach Jahren sehr verschieden sind, so werden sie den Verhältnissen entsprechend zu bewerten sein).
2. Stärkere mechanische Verletzungen (als zulässige Grenze dürften 3% angemessen sein).

III. Pflanzkartoffeln sind gesund zu liefern.

(Vergleiche Berliner Vereinbarungen 1914, § 13.)

Ausser den unter I. angeführten Krankheiten sind an den Pflanzkartoffeln folgende innere Krankheiten durch sachverständige Untersuchung feststellbar und auf Grund des erwähnten Paragraphen der Berliner Vereinbarungen (§ 14) zu beanstanden:

Gefässmykosen und Gefässbakteriosen. Da aus solchen Kartoffeln gesunde Pflanzen gewöhnlich nicht zu erwarten sind, so ist als höchst zulässige Grenze (ebenso wie bei I.) 3% zu betrachten.

B. Speisekartoffeln.

1. Die Beimengung von angefrorenen oder verfaulten Kartoffeln darf 1 1/2 % des Gewichtes nicht übersteigen.

(Vergleiche Berliner Vereinbarungen 1914, § 16.)

Als „verfaulte Kartoffeln“ haben zu gelten: Knollen mit allen Formen der Trockenfäule, Nassfäule und Innenfäule. Knollen mit stärkeren Graden der Phytophthorafäule.

2. Das Vorhandensein von mehr als 4 % (des Gewichtes) schwarz- und buntfleckiger, schorfiger, rostiger, stippiger oder sonst nicht gesunder

Kartoffeln berechtigt zur Annahmeverweigerung.

(Vergleiche Berliner Vereinbarungen 1914, § 16, Abs. 2.)

Als „sonst nicht gesunde“ Kartoffeln sind anzusehen: Knollen mit sehr starken und auffälligen Ringverfärbungen, Pfropfenbildung (Kringerigheit).

Außerdem glasige Knollen, stark angefressene Knollen, stark mechanisch verletzte Knollen. Nicht zu beanstanden sind Proben mit Rhizoctonia-Pocken und Phellomyces-Flecken.

Mitteilung der landw. Versuchsstation Rostock i. M.

Über die Zusammensetzung und Verdaulichkeit einiger Kriegsfuttermittel.

(Wolfsaatmehl, Maniokmehl, Ackersenfkuchen,
Spargelbeerenschrot und Zichorienschrot.)

Von

F. HONCAMP, H. ZIMMERMANN und E. BLANCK.

(Hierzu Tafel IV—VII.)

Wie nicht anders zu erwarten, hörte mit Ausbruch des Weltkrieges die grosse Einfuhr von Futtermitteln aller Art nach Deutschland so gut wie vollständig auf. Was auf Schleichwegen hier und da noch hereinkam, war im Verhältnis zu dem bisherigen Bedarf an ausländischen Kraftfuttermitteln nur ein Tropfen auf einen heissen Stein. Die dann mit der Dauer des Krieges immer mehr hervortretende Knappheit an Futtermitteln aller Art hat schliesslich dazu geführt, auch solche Futterstoffe zur tierischen Ernährung heranzuziehen, die vor dem Kriege kaum oder doch nur lokal Verwendung als Futterstoffe fanden. Dass hierbei auch viele minderwertige Produkte, ja auch solche auf den Markt kamen, die wegen ihrer gänzlichen Unverdaulichkeit überhaupt nicht für die Ernährung unserer landwirtschaftlichen Nutztiere in Frage kamen, konnte in Anbetracht der schon in Friedenszeiten mangelhaften Verhältnisse auf dem Futtermittelmarkt nicht überraschen. Trotzdem befanden sich unter den Kriegsfuttermitteln einige, die uns der Beachtung wert schienen, und bei denen es sich zu lohnen versprach, ihre Verdaulichkeit durch einen exakten Ausnutzungsversuch festzustellen. Gleichzeitig haben wir es für wünschenswert erachtet, auch eine kurze Monographie dieser Produkte mit ihren mikroskopischen Merkmalen zu geben.

Die Ausnutzungsversuche sind in der üblichen Weise mit zwei ca. dreijährigen Hammeln der Rambouillet-Rasse durchgeführt, wobei wir von einem nur aus Wiesenheu bestehendem Grundfutter ausgegangen sind. Das Wiesenheu enthielt in der Trockensubstanz:

Organ. Substanz	Rohprotein	Rein-eiweiss	N-freie Extraktstoffe	Rohfett	Rohfaser	Reinasche
92.12 %	11.46 %	9.69 %	49.32 %	2.44 %	28.91 %	7.88 %

Hiervon wurden pro Kopf und Tag 700 g verfüttert mit einem Trockensubstanzgehalt von 85.41 %.

Die in dieser Periode (III) ausgeschiedenen Fäzes enthielten in der wasserfreien Substanz:

	Organ. Substanz	Rohprotein	N-freie Extraktstoffe	Rohfett	Rohfaser	Reinasche
Hammel XI	86.53 %	10.75 %	45.94 %	3.68 %	26.16 %	13.47 %
" XII	86.77 "	11.17 "	44.28 "	3.35 "	27.97 "	13.23 "

Über Stalltemperatur, Trinkwasserkonsum, Kotausscheidung usw. gibt die im Anhang befindliche Tabelle näheren Aufschluss.

Mit Hilfe aller hier wiedergegebenen Daten berechnet sich nun die Verdaulichkeit des Wiesenheues wie folgt:

	Trocken- substanz	Organische Substanz	Rohprotein	N-freie Extraktstoffe	Rohfett (Ätherextrakt)	Rohfaser
	g	g	g	g	g	g
Hammel XI verzehrt:						
700 g Wiesenheu (85.41 %)	597.9	550.8	68.5	294.9	14.6	172.9
Ausgeschieden im Kot	208.6	180.5	22.4	95.8	7.7	54.6
Verdaut im ganzen:	389.3	370.3	46.1	199.1	6.9	118.3
Hammel XII verzehrt wie XI:						
700 g Wiesenheu	597.9	550.8	68.5	294.9	14.6	172.9
Ausgeschieden im Kot	219.1	190.1	24.5	97.0	7.3	61.3
Verdaut im ganzen:	378.8	360.7	44.0	197.9	7.3	111.6

Es wurden hiernach in Prozenten der einzelnen Bestandteile verdaut:

	Hammel XI	Hammel XII	Im Mittel
	%	%	%
Trockensubstanz	65.1	63.4	64.3
Organische Substanz	67.2	65.5	66.4
Rohprotein	67.3	64.3	65.8
N-freie Extraktstoffe	67.5	67.1	67.3
Rohfett (Ätherextrakt)	47.3	50.0	48.7
Rohfaser	68.4	64.5	66.5

Die beiden Versuchstiere zeigen also untereinander eine durchaus befriedigende Übereinstimmung.

Mit Hilfe des hier gefundenen Verdauungskoeffizienten berechnet sich dann der Gehalt des in den vorliegenden Versuchen benutzten Wiesenheues an verdaulichen Nährstoffen wie folgt:

Rohprotein	7.54 %
N-freie Extraktstoffe	33.19 "
Rohfett	1.19 "
Rohfaser	19.23 "

In all den nächsten Perioden, mit Ausnahme der VII., hat das vorliegende Wiesenheu als Grundfutter gedient, dem die weiterhin auf ihre Verdaulichkeit zu prüfenden Futtermittel einfach zugelegt worden sind. Nur in der II. Periode, in welcher die Verdaulichkeit des Maniokmehles, also eines sehr kohlehydratreichen Futterstoffes festgestellt werden sollte, bestand das Grundfutter aus Wiesenheu und dem in der vorhergehenden Periode verfütterten eiweissreichen Wollsaatmehl. Die Gründe hierfür sind ja ohne weiteres einleuchtend, so dass sie nicht noch näher erörtert zu werden brauchen. In der VII. Periode, in welcher nochmals das Zichorienschrot geprüft werden sollte, dienten zu diesem Versuch zwei andere Hammel. Auch das Grundfutter war hier ein anderes, und kommen wir in dem betreffenden Abschnitt noch eingehender hierauf zurück.

Wollsaat. *Eriodendron anfractuosum D. C.*,
Bombax pentandrum L., *Ceiba pentandra Gaertn.*,
Gossampinus alba Ham.

Wollbaum.

Der Wollbaum gehört zu der Familie der Bombaceen *Kunth*. Seidenbäume. Einheimisch in Afrika, Südamerika, Indien, Ceylon und Java, gehören die Wollbäume zu den stärksten Bäumen der Tropen. So ist *E. anfractuosum* ein 12—20 m hoher Baum mit stachligem Stamm. Aus dem Holz werden Boote, auch häus-

liche Gebrauchsgegenstände wie Schüsseln und Mulden gearbeitet. Die Blätter sind siebenzählig. Blüten in Büscheln geordnet, innen gelblich. HAEZ¹⁾ nennt drei Varietäten dieser Art: 1. *Eriodendron anfractuosum* var. *africanum* D. C. 2. *Eriodendron anfractuosum* var. *caribaeum* D. C. 3. *Eriodendron anfractuosum* var. *indicum* D. C., von denen die letztere bereits von VAN RHEED²⁾ beschrieben und abgebildet wurde. Um diese Varietät handelt es sich im nachstehenden Beitrag im wesentlichen. Der Wollbaum, auch Panja-, Sangori-, Algodano- oder Kapokbaum, auch Donsboom genannt, kommt auf Malabar und fast allgemein im indischen Archipel, sowie in Ostindien verbreitet vor, im besonderen ist der Baum einheimisch auf Java. Nach HAEZ¹⁾ blüht der Baum im März und April, reift im Januar und Februar, zu welcher Zeit er sämtliche Blätter verliert. Die Frucht des Wollbaumes ist verkehrt eilänglich bis fast breiteilänglich oder -lanzettlich, an beiden Seiten stumpflich oder spitzlich bis stumpf gerundet, an der Basis meist spitz ausgezogen, an der Spitze häufig gebuckelt, gerundet und genabelt, schwächer oder stärker stumpf, fünfkantig und fünffurchig. Perikarp aussen anfangs grün, kahl und glänzend, schliesslich rotbraun, scharf und hart, zur Zeit der Reife fünffklappig-aufspringend. Die Länge der Frucht beträgt bis zu 16 cm, ihr Durchmesser bis zu 6 cm. Die fünf Fächer der Frucht sind dicht erfüllt mit langen Seiden- oder Wollhaaren, zwischen welchen an der zentralen Placenta zahlreiche kugelige, glatte, schwärzliche Samen mit sehr harter Testa befestigt sind. Die ausgereiften, schwärzlichen, erbsengrossen Samen sind rund, zeigen jedoch eine einseitige Vorwölbung, entsprechend dem stark gebauchten funiculus. Vergleiche Tafel IV, 1. Kapoksamen.

Ausser den Kapoksamen, welche roh und geröstet gegessen werden, benutzt man in Indien auch die im Innern der Fruchtkapsel vorhandenen weissbraunen Seidenfasern, welche den Samen einschliessen (also keine Samenwolle), unter der Bezeichnung Kapok oder Pflanzendaunen zur Füllung von Polstern, Matratzen, Kopfkissen. Kapok wird nach POTT³⁾ daher besonders nach Australien und Holland importiert; wichtigster Platz für Kapok ist Amsterdam. Australische Ärzte verwenden statt Baumwolle

¹⁾ HAEZ, Landwirtschaftl. Samenkunde 1885.

²⁾ H. VAN RHEED, Hort. ind. Malabar, III, 1872, zitiert nach HAEZ 1.

³⁾ POTT, Handbuch, 3. Teil. Spezielle Futtermittellehre, II, 1909.

Kapok. Auch nach Nordamerika kommen grosse Mengen. Angeblich sollen 20 kg Kapok die gleiche Füllfähigkeit haben wie 25—30 kg Rosshaare. Die Kapokfasern sind nach den Angaben von REINDERS¹⁾ ihrer Kürze wegen weniger zum Spinnen geeignet als die Baumwolle. Im allgemeinen verhindern die geringe Festigkeit und Dauerhaftigkeit eine ausgedehntere Verwendung des Kapok.

Über die Kapokkultur in Niederländisch-Indien geht aus einem Konsulatsbericht²⁾ folgendes hervor: Die Hauptausfuhrhäfen sind Semarang und Soerabaya. Die Hauptabnehmer bildeten bisher Australien und Nordamerika — 1907 wurden 8916000 kg ausgeführt. Die Kapokbäume werden nicht nur auf etwa 150 Plantagen neben Kaffee und dergl. gepflanzt, sondern man findet sie auch überall in den Gärten der Eingeborenen. Die Ernte beginnt im August und zieht sich bis September hin. Ausfall und Güte der Ernte hängen hauptsächlich von der Witterung ab. Grosse Trockenheit ist für die Entwicklung der Früchte sehr nachteilig. Auch werden die Früchte von den Inländern, um zu Geld zu kommen, oft zu jung gepflückt. Der daraus gewonnene Kapok ist natürlich minderwertig und diese Manipulationen haben denn auch eine grosse Verschiedenheit im Preise zur Folge. In unseren deutschen Schutzgebieten beschäftigt sich nach WARBURG³⁾ die Sigi-Pflanzungsgesellschaft ebenso wie die ostafrikanische Plantagengesellschaft mit der Kultur von Kapokbäumen. Das ostafrikanische Produkt wird der Javaqualität ziemlich gleich bewertet. Nach einem Geschäftsbericht der Sigi-Pflanzungsgesellschaft⁴⁾ wurde die Kapokernte 1909 mit 50000 kg geschätzt, die mit 1 M. pro Kilogramm verkauft wurde. Der Bestand an Kapokbäumen betrug 127000 Stück. Ausführliche Angaben über die Kapokkultur in Java und ausgezeichnete Abbildungen von Kapokbäumen in verschiedenen Entwicklungsstadien finden wir bei BRÜCK.⁵⁾

¹⁾ REINDERS, Zusammensetzung der Kapokkuchen, ihr Fütterungs- und Düngungswert. Landw. Versuchs-Stationen 1876.

²⁾ Tropenpflanzer 1909, 13, S. 598.

³⁾ WARBURG, Wirtschaftl. Entwicklung unserer Schutzgebiete im Jahre 1903. Tropenpflanzer Bd. 8, 1904, S. 1.

⁴⁾ Tropenpflanzer 1909, 13, S. 30.

⁵⁾ BRÜCK, Der Faserbau in Holländisch-Indien und auf den Philippinen. Beihefte 5/6 zum Tropenpflanzer, S. 459.

Die Samen können leicht ohne Fasern gewonnen werden, da diese nicht so fest wie die Baumwolle an den Samen haften. Bei den Samen der Baumwollsträucher, welche zu der den Bombaceen sehr nahe verwandten Familie der Malvaceen gehören, ist dieses bekanntlich nicht der Fall, aus welchem Grunde (bereits schon 1876 in England) die Baumwollsamensamen geschält wurden, bevor man sie zur Gewinnung des Öls presste. Im Baue sind Kapok- und Baumwollsamensamen sehr ähnlich, nur sind die Kapoksamen etwas kleiner, wodurch die Schale und daher der Rohfasergehalt relativ grösser wird. Bereits REINDERS¹⁾ empfiehlt wegen der Härte der Samenschale die Kapoksaat gleich den Baumwollsamensamen abzuschälen, um nicht allein ein nahrhafteres, sondern auch für die Tiere angenehmeres Futter zu erhalten. Die bisher im Handel befindlichen Kapokrückstände sind sehr holzfaserreich. Nach WARBURG²⁾ ist vor allem die Entfernung der Samen auch aus dem Grunde wichtig, da bei ihrem grossen Ölgehalt beim starken Zusammenpressen der Ballen häufig die Faser verunreinigt wird; am besten bezahlt wird daher das Produkt der Handauslese. Zu starkes Pressen der meist in Matten eingehüllten Ballen vermindert die Elastizität der Fasern, deshalb zieht man auch kleinere 60—90 Pfund wiegende mit der Hand gepresste Ballen den grossen durch Maschinen gepressten vor.

Im Handel kommen die erbsengrossen Samen unter dem Namen Bankoul- oder Kapoknüsse vor. In den Niederlanden werden sie Kapokkerne (Kapokpitten) genannt.

Sie enthalten nach CORENWINDER:³⁾

5.00 % Wasser	62.17 % Fett
22.65 „ Protein	3.35 „ Asche

In Holland wird aus dem Samen ein fettes, dem Baumwollsamensamenöl ähnliches Öl durch Pressen oder Extraktion gewonnen. Das Kapoköl wird nach L. PHILIPPE⁴⁾ aus den Glyceriden der Palmitin-Ölsäure und einer noch nicht näher bestimmten flüchtigen Säure gebildet. Das Öl ist grünlich-gelb, angenehm

¹⁾ REINDERS, Zusammensetzung der Kapokkuchen, ihr Fütterungs- und Düngungswert. Landw. Versuchs-Stationen 1876.

²⁾ WARBURG, Tropenpflanzer 1897, S. 263.

³⁾ CORENWINDER, Comptes rendus 1875, zitiert nach POTT 3.

⁴⁾ L. PHILIPPE, Moniteur scientifique 16, II, zitiert nach POTT 3.

riechend und schmeckend und gibt wie das Baumwollsaamenöl die „HALPHENSche Reaktion“, scheidet auch wie jenes beim Stehen „Stearin“ ab. In seinen Produktionsgebieten dient Kapoköl als Speiseöl, in Holland zur Seifenfabrikation.

Die bei der technischen Gewinnung des Öles entstehenden Presskuchen des Handels enthalten nach:

	Wasser	Protein	Fett	N-freie Extraktst.	Rohfaser	Asche
CORENWINDER ¹⁾ .	10.25 ‰	47.81 ‰	5.50 ‰	24.01 ‰		12.40 ‰
G. REINDERS ²⁾ .	13.28 „	26.34 „	5.82 „	19.92 ‰	28.12 ‰	6.52 „

Nach VAN PESCH³⁾ und PHILIPPE³⁾ haben die Rückstände folgende Zusammensetzung:

	Trocken- substanz	Wasser	Roh- protein	Roh- fett	N-freie Extraktst.	Roh- faser	Asche
1. Pressrückstände.	— ‰	13.6 ‰	28.4 ‰	7.9 ‰	17.5 ‰	26.1 ‰	6.4 ‰
2. Extraktionsrückst.	87.8 „	12.2 „	30.1 „	0.8 „	50.5 ‰		6.4 „

Nach POTT⁴⁾ enthalten die nach der Ölgewinnung resultierenden Presskuchen (Kapokkuchen):

85.5—87.6 im Mittel	86.4 ‰	Trockensubstanz
23.5—29.8 „	28.4 „	stickstoffhaltige Stoffe
5.8—10.7 „	7.9 „	Rohfett
13.7—19.9 „	17.5 „	stickstofffreie Extraktstoffe
22.2—29.7 „	26.1 „	Holzfaser
	6.4 „	Asche

Nach DIETRICH und KÖNIG⁵⁾ enthält Kapokkuchen:

13.3 ‰	Wasser	} verdaulich
26.3 „	Rohprotein	
5.8 „	Rohfett	
19.9 „	stickstofffreie Extraktstoffe	
28.2 „	Rohfaser	
6.5 „	Asche	
19.5 „	Eiweiss und Amid	
5.2 „	Fett	}
10.0 „	stickstofffreie Extraktstoffe	
5.6 „	Rohfaser	

¹⁾ CORENWINDER, Comptes rendus 1875, zitiert nach POTT 3.

²⁾ REINDERS, Zusammensetzung der Kapokkuchen, ihr Fütterungs- und Düngungswert. Landw. Versuchs-Stationen 1876.

³⁾ SYOBODA, Ergänzung u. Verwendung von Kraftfutterm. 1915.

⁴⁾ POTT, Handbuch, 3. Teil, Spezielle Futtermittellehre II, 1909.

⁵⁾ DIETRICH u. KÖNIG, Futtermittel II.

Nach KELLNER¹⁾ enthält Kapokkuchen an Rohnnährstoffen:

13.3 %	Wasser
26.3 "	Rohprotein
5.8 "	Rohfett
19.9 "	stickstofffreie Extraktstoffe
5.6 "	Rohfaser
Wertigkeit (vollwertig = 100) = 82	
Verdauliches Eiweiss = 18.8 %	
Stärkewert pro Doppelzentner = 37.7 kg	

Bezüglich des Marktpreises sei erwähnt, dass KOBUS²⁾ Kapokkuchen 1884 mit 10 M. pro 100 kg angeboten fand.

Die Erfahrungen über die Bekömmlichkeit der Kapokkuchen, welche im allgemeinen nur in beschränkten Mengen aus Niederländisch-Indien, Holland und England in den Handel kommen, sind nach DAMMANN³⁾ noch recht gering. Auch VAN PESCH⁴⁾ ist bezüglich der nachteiligen Folgen und Wirkungen auf die Gesundheit der Tiere und auf die Beschaffenheit der Milch und Butter usw. nichts bekannt. Das Vorhandensein von zu vielen Samenschalen in Kapokkuchen kann Veranlassung zur Störung der Verdauungsorgane, zu Verstopfungen usw. geben. Ausser als Futtermittel finden die Kuchen, welche dunklen Sesamkuchen ähnlich sehen, auch als Düngemittel⁵⁾ Verwendung. Als Zusatz wurde Kapokmehl von KÖNIG in Palmkernmehl und von KOBUS²⁾ in Leinkuchen nachgewiesen.

Nach HOFFMANN⁶⁾ stellt Wollsaatmehl in gegenwärtiger Zeit einen beachtenswerten Aushülfsfutterstoff dar und ist ungefähr im Nährstoffgehalt dem aus ungeschälten Samen gewonnenen Baumwollsaatmehl gleichzustellen.

Eine sehr eingehende und genaue anatomische Beschreibung des Kapoksamens unterstützt durch geeignete Abbildungen lieferte VON BRETFELD.⁷⁾ Baumwoll- und Kapoksamen, deren Stamm- pflanzen nahe verwandt sind, können leicht zu Verwechslungen

¹⁾ KELLNER, Ernährung d. landwirtsch. Nutztiere 1912.

²⁾ KOBUS, Landwirtsch. Jahrbücher Bd. VIII.

³⁾ DAMMANN, Gesundheitspflege der landwirtschaftlichen Haussäugetiere.

⁴⁾ VAN PESCH, Kapokkuchen. Landw. Versuchs-Stationen 1896.

⁵⁾ KÖNIG, Untersuchung landwirtsch. u. gewerblich wichtiger Stoffe.

⁶⁾ HOFFMANN, Flugblatt der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft Nr. 26, 1915.

⁷⁾ v. BRETFELD, Anatomie des Baumwoll- und Kapoksamens. Journal f. Landwirtschaft 1887.

führen. VON BRETFELD hebt mit Recht u. a. folgende wesentliche Unterscheidungsmerkmale hervor:

1. Die Epidermis des Kapoksamens bildet nicht wie bei Baumwollsamens Haare (Wollzellen), sondern Drüsen. 2. Die Zellen der Prismenschicht des Kapoksamens sind etwa um ein Drittel kürzer wie die gleichen Zellen des Baumwollsamens. 3. Im Gegensatz zu dem durch Harzdrüsen grünlich gefärbten Kotyledonargewebe fehlen dem Kapoksamens die Drüsen. Das Kotyledonargewebe ist farblos. Beschreibung und Mikrophotogramm von Kapokfasern finden sich in der Abhandlung von HERZOG.¹⁾ Im übrigen vergleiche Abbildungen Tafel IV, 2. Epidermis mit charakteristischen Drüsen, 3. Durchschnitt der Samenschale mit der Prismenschicht.

Die zu den nachstehenden Versuchen verwendeten Wollsamens lieferten nach dem Mahlen ein hellbräunliches Mehl. Fremde Bestandteile waren nicht vorhanden. Das Untersuchungsmaterial war in entgegenkommender Weise von der Ruhrorter Ölfabrik, Ruhrort, zur Verfügung gestellt worden.

Um die Verdaulichkeit des Wollsaatmehles festzustellen, verfütterten wir neben den aus Wiesenheu bestehendem Grundfutter pro Kopf und Tag 150 g Wollsaatmehl. Eine grössere Menge hiervon zu verabfolgen, unterliessen wir, um Futterrückstände zu vermeiden, denn die beiden Versuchshammel frassen das Wollsaatmehl nicht besonders gut.

Das Wollsaatmehl enthielt in der wasserfreien Substanz:

Rohprotein	35.21 %
Reineiweiss	33.32 "
N-freie Extraktstoffe	26.16 "
Rohfett (Ätherextrakt)	8.26 "
Rohfaser	22.96 "
Reinasche	7.41 "

In der lufttrockenen Substanz bei 13% Feuchtigkeit enthielt das Wollsaatmehl 30.64% Rohprotein und 7.19% Fett, zusammen also 37.83%. Es würde also in seinem mittleren Fett- und Proteingehalt ungefähr dem Baumwollsaatmehl mit ca. 36% Protein und Fett entsprechen. Wir bemerken jedoch schon im voraus, dass es sich höher verdaulich als dieses erwies.

In dieser Periode, in welcher das Wollsaatmehl verfüttert wurde, waren die Durchschnittswerte für Tränkwasserkonsum und Kotalausscheidungen folgende:

¹⁾ HERZOG, Textile Erzeugnisse aus Kapok. Tropenpflanzer 1912, 16, S. 188.

	Trinkwasserkonsum	Kotausscheidungen	
		frischer Kot	Trockensubstanz
	g	g	%
Hammel XI . . .	1140	435.1	54.17
Hammel XII. . .	1276	453.8	53.57
			g
			235.7
			243.1

Die Analyse des Fäzes auf Trockensubstanz berechnet, ergab folgende Zusammensetzung:

	Hammel XI	Hammel XII
	%	%
Rohprotein	10.59	10.47
N-freie Extraktstoffe	41.22	41.89
Rohfett (Ätherextrakt)	2.91	2.72
Rohfaser	32.04	31.84
Reinasche	13.24	13.08

Unter Zugrundelegung der für jedes Versuchstier gesondert ermittelten Verdauungskoeffizienten des Wiesenheues berechnet sich nun die Verdauung des verfütterten Wollsaatmehles in der nachstehend angegebenen Weise:

	Trocken- substanz	Organische Substanz	Rohprotein	N-freie Extraktstoffe	Rohfett (Äther- extrakt)	Rohfaser
	g	g	g	g	g	g
Hammel XI verzehrt:						
600 g Wiesenheu (85.41 %) . . .	512.5	472.1	58.7	252.8	12.5	148.2
150 „ Wollsaatmehl (87.03 %) . .	130.6	20.9	46.0	34.2	10.8	30.0
Gesamtverzehr:	643.1	593.0	104.7	287.0	23.3	178.2
Ausgeschieden im Kot	235.7	204.5	25.0	97.2	6.9	75.5
Verdaut im ganzen:	407.4	388.5	79.7	189.8	16.4	102.7
Verdaut vom Wiesenheu	333.6	317.3	39.5	170.6	5.9	101.3
Verdaut vom Wollsaatmehl:	73.8	71.2	40.2	19.2	10.5	1.4
Hammel XII verzehrt wie XI:						
Gesamtverzehr	643.1	593.0	104.7	287.0	23.3	178.2
Ausgeschieden im Kot	243.1	211.3	25.4	101.8	6.6	77.9
Verdaut im ganzen:	400.0	381.7	79.3	185.2	16.7	100.3
Verdaut vom Wiesenheu	324.9	309.2	37.7	169.6	6.2	95.6
Verdaut vom Wollsaatmehl:	75.1	72.5	41.6	15.6	10.5	4.7

In Prozenten der einzelnen Nährstoffe wurden hiernach verdaut:

	Hammel XI	Hammel XII	Im Mittel
	%	%	%
Trockensubstanz	56.5	57.5	57.0
Organische Substanz	58.9	59.9	59.4
Rohprotein	87.4	90.4	88.9
N-freie Extraktstoffe	56.1	45.6	50.9
Rohfett (Ätherextrakt)	97.2	97.2	97.2
Rohfaser	4.6	15.7	10.2

Das hier verfütterte Wollsaatmehl würde demnach an verdaulichen Nährstoffen einen Gehalt aufweisen von

Rohprotein	31.30 %	Rohfett (Ätherextrakt)	8.03 %
N-freie Extraktstoffe	13.32 „	Rohfaser	2.34 „

Oder aber in 100 kg Wollsaatmehl waren unter Annahme der Vollwertigkeit enthalten

	in der Trocken- substanz	in der lufttrockenen Substanz bei 15 % Feuchtigkeit
verdauliches Eiweiß	29.4	25.0
Stärkewert	58.2	45.2

Hiernach würde das Wollsaatmehl mit den besseren Rückständen der Ölfabrikation wie Erdnusskuchen, schalenfreies Baumwollsaatmehl usw. nicht in Konkurrenz treten können, es würde vielmehr mit dem Hanfkuchen ungefähr auf gleiche Stufe zu stellen sein.

**Manioka, Kassawa-Futtermehl. *Manihot utilissima* Pohl,
Jatropha Manihot L., Janipha Manihot Humboldt
Bonpl. et Kth.**

Manihot, bitterer Maniok, Manioka, bittere Juka, Kassawastrauch, Kassada.

Der etwa 2 m hohe milchsaftreiche Strauch gehört zu den Euphorbiaceen. Die fünf- bis siebenteiligen, langgestielten Blätter drängen sich an den Zweigspitzen zusammen. An den armlütigen Blütenständen entwickeln sich kugelig-längliche, runzelige, geflügelte Früchte. Die weissgrau marmorierten Samen wirken wie die der beiden weiteren nachstehend genannten Kassawearten purgierend und brechenderregend. Die 30—60 cm langen, bisweilen armdicken Wurzeln drängen sich ähnlich den Dahlienknollen zusammen. Die sehr ertragreiche Maniokpflanze

ist einheimisch in Brasilien und Westindien. Auch an der afrikanischen Westküste wird der Strauch mehr und mehr angebaut. TSCHIRCH und ÖSTERLE¹⁾ geben u. a. Guayana, Martinique, Guadeloupe, Travancore, Réunion, Senegal, Neukaledonien, den malayischen Archipel, Malakka und Singapore an, wo die Manihotpflanzen angebaut werden, um aus den grossen, sehr stärke-reichen Wurzelknollen das Manihot zu gewinnen. Nach den Mitteilungen KLINGS²⁾ bezieht in Deutschland die Firma J. ZWICK SÖHNE in Neustadt a. d. H. aus Java geschälte an der Sonne getrocknete Kassawawurzeln, um diese nach zweierlei Verfahren zu Stärkemehl, das als Appreturmittel Verwendung findet, zu verarbeiten. Ausser Manihot utilissima werden noch weitere Arten, so Manihot Aipi Pohl und Manihot Janipha Pohl (Jatropha Janipha Pohl) zum gleichen Zwecke angebaut. THOMS³⁾ nennt neben Manihot utilissima Pohl noch Manihot palmata Müll. Arg. und M. carthagensis Müll. Arg. M. utilissima, welche die höchsten Erträge liefert, wird hauptsächlich kultiviert. Die Benutzung der Knollen stammt von den Indianern. Dieselbe ist ohne Zweifel uralt, schon PETRUS MARTYR⁴⁾ aus Anghera (Angleria) erwähnt in der Schilderung von COLONS Reisen die zur Brotbereitung dienende „Yucca“ mit giftigem Saft und viele Reisende haben seitdem darüber berichtet. Behufs Gewinnung der Stärke werden in Brasilien die geschälten, geraspelten und zerriebenen Knollen gewaschen, ausgepresst und durch ein Bambusrohrgeflecht gewaschen. Der Pressrückstand wird unter Umrühren über dem Feuer getrocknet. Bei dieser

¹⁾ TSCHIRCH und ÖSTERLE, Anatomischer Atlas zur Pharmokognosie und Nahrungsmittelkunde. Mit Abbildungen der Stärke, S. 225, Tafel 51.

²⁾ KLING, Landw. Versuchs-Stationen 1913, S. 219, Bd. 82. Kassawawurzeln und deren Abfälle.

³⁾ THOMS, Tropenpflanzer 2, S. 278.

⁴⁾ HERR (MICHAEL), Die neue Welt. Strassburg 1534. Nach v. FEHLINGS Handwörterbuch der Chemie, Bd. II.

Sonstige Literatur bezüglich Fütterungsversuche vergl. SVOBODA, Ergänzung und Verwendung der Kraftfuttermittel, S. 174.

(FRATBUR und MOLEHAUT-SVOBODA, S. 179.)

(HANNON-SVOBODA, S. 179—180. BIEDERMANNs Zentralbl. ref. 1914, S. 196.)

Bericht der Landw. Kreisversuchs-Station Speyer. KAUG und KLING, Landw. Jahrb. für Bayern, 1915, Nr. 8.

Futtermittelbuch. Herausgegeben von Vereinigung der Deutschen Grosshändler in Dünger- und Kraftfuttermitteln. Berlin 1914.

Behandlung wird die Masse von der in den Knollen vorhandenen Blausäure befreit. Auch die Blätter geben beim Zerreiben Blausäure ab. Die abgepressten, getrockneten Wurzelknollen werden vermahlen (Kassawe- oder Maniokmehl), das Mehl behufs Gewinnung der Stärke geschlämmt. Das Kassawemehl ist ein ebenso wichtiges Nahrungsmittel wie Reis, Sago und Weizen.

Aus dem Kassawemehl wird ausser dem Kassawebrot auch sowohl in den Tropen (z. B. in Brasilien, Singapore) wie in Europa (z. B. in Frankreich) eine Sagoform dargestellt, die echte Tapioka, indem man die feuchte Stärkemasse durch Hindurchpressen durch Siebe körnt und diese Körner über freiem Feuer in flachen Metallschalen erhitzt. Tapioka besteht aus verkleisterten Stärkeklümpchen, die zum Teil in Wasser löslich sind. TSCHIRCH¹⁾ erwähnt Tapioka aus Singapore in runden Körnern, sowie in Flocken (zusammengeballte Körner). Das Kassawemehl ist auch als brasilianisches Arrowrot oder als Bahia-, Rio- und Para-Arrowrot bekannt.

Nach v. FEHLING²⁾ findet auch der Saft der bitteren Knollen selbst in Guiana z. B. unter dem Namen Cassarip eine nützliche Verwendung, indem er tierischen Nahrungsmitteln auffallende Haltbarkeit verleiht. Da durch das Eindampfen die Blausäure weggeht, so dürfte diese antiseptische Wirkung eher dem Bitterstoffe zukommen. Die Blausäure scheint nicht von Amygdalin herzuleiten, wenigstens gelang es PECKOLT³⁾ nicht, dasselbe aus bitteren Manihotknollen darzustellen.

Ausführliche Angaben über den Maniok als Volksnahrungsmittel in Portugiesisch-Ostafrika und die Herstellung liefert MAUS.³⁾

Eingehende nähere Angaben über die Kassawawurzeln und deren Abfälle finden sich in der sorgfältigen Arbeit von KLING,⁴⁾ auf deren Inhalt für den Zweck weiterer Orientierung hingewiesen sei.

¹⁾ TSCHIRCH und ÖSTERLE, Anatomischer Atlas zur Pharmakognosie und Nahrungsmittelkunde. Mit Abbildungen der Stärke, S. 225, Tafel 51.

²⁾ v. FEHLING, Handwörterbuch der Chemie, Bd. II.

³⁾ MAUS, Der Maniok als Volksnahrungsmittel in Portugiesisch-Ostafrika. Tropenpflanzer 14, 1910, S. 476.

⁴⁾ KLING, Landw. Versuchs-Stationen 1913, Bd. 82, S. 219. Kassava-wurzeln und deren Abfälle.

HOFFMANN¹⁾ bezeichnet in seinem Flugblatt Kassawafuttermehl, welches ziemlich viel Stärke (über 50 %) enthält, als brauchbares Mastfutter für Schweine.

Bezüglich des mikroskopischen Befundes des zu den nachstehenden Fütterungsversuchen verwendeten Maniokamehles ist folgendes zu bemerken.

Die von der Landw. Hauptgenossenschaft Rostock gelieferte Ware stellt ein weisses Mehl mit einem Stich in das Gelbliche dar. Ausser unwesentlichen Spuren Quarz- und Erdteilchen fanden sich keine fremden Bestandteile. Abgesehen von ganz geringen Teilen der bräunlichen Wurzelepidermis bestand das Futtermehl hauptsächlich aus Stärkekörnern und Parenchymgewebe.

Zur Identifizierung des Maniokamehles dienen neben den feinen Zellgeweben der Wurzel mit besonders schön ausgeprägten Treppengefässen (Tafel V, 2) die charakteristisch geformten Stärkekörner. Meist sind es zu 2, 3 oder mehr zusammengesetzte Körner, welche in einzelne halbkugelige oder polyedrische Teilkörner auseinander fallen. Erstere, welche auf der einen Seite flach, im übrigen abgerundet erscheinen, werden treffend als paukenförmig bezeichnet. In verhältnismässig geringerer Menge finden sich runde, einfache Körner. Das Hervortreten der Schichtung ist sehr undeutlich. Dagegen findet sich oft die in der Mitte befindliche, vielfach sternförmig zerrissene Kernhöhle. Der Durchmesser beträgt bei den grösseren Formen der Körner selten über 20 Mikromillimeter, mittelgrosse Körner finden sich selten. Die Kleinkörner erreichen durchschnittlich einen Durchmesser von 8 Mikromillimeter (Abbildung s. Tafel V, 1).

Das zu unserem Versuch benutzte Maniokmehl enthielt in der wasserfreien Substanz:

Rohprotein	1.59 %
Reineiweiss	1.47 "
N-freie Extraktstoffe	93.22 "
Rohfett (Ätherextrakt).	0.55 "
Rohfaser	2.50 "
Reinasche	2.14 "

Das Produkt besteht also fast ausschliesslich aus Kohlehydraten und zwar in der Hauptsache aus Stärke.

¹⁾ HOFFMANN, Flugblatt der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft, 1915, Nr. 26.

Aus diesem Grunde sahen wir auch von vornherein davon ab, das Maniokmehl nur zu einer aus Wiesenheu bestehenden Grundfütterration zu verabfolgen, sondern wir wählten eine solche, die bestand aus

600 g Wiesenheu	mit 85.41 %	Tr.-S. = 512.5 g
150 „ Wollsaatmehl	„ 87.03 „	„ = 130.6 „
in Summa:	750 g	mit 643.1 g Tr.-S.

Hierzu verfütterten wir

200 g Maniokmehl mit 87.21 % Trockensubstanz = 174.4 g,
so dass die Gesamtration bestand aus
950 g mit 817.5 g Trockensubstanz.

Über Kotausscheidung, Tränkwasserkonsum usw. gibt die im Anhang befindliche Tabelle Aufschluss, im Durchschnitt der zehntägigen eigentlichen Versuchsperiode gestalteten sich diese wie folgt:

	Tränkwasser g	Kotausscheidungen	
		frischer Kot g	Trockensubstanz %
Hammel XI . . .	1160	499.8	52.39
Hammel XII. . .	1633	504.3	51.10

Im wasserfreien Zustande enthielten die Fäzes dieser Periode

	Hammel XI %	Hammel XII %
Rohprotein	11.42	11.77
N-freie Extraktstoffe . . .	43.56	42.81
Rohfett (Ätherextrakt) . .	2.31	2.80
Rohfaser	30.50	30.73
Reinasche	12.21	11.89

Es folgen nunmehr die üblichen tabellarischen Übersichten betreffs der Futterrationen, Berechnung der Verdaulichkeit usw.

Zusammensetzung der Futterrations für beide Versuchstiere.

	Trocken- substanz g	Organische Substanz g	Rohprotein g	N-freie Extraktstoffe g	Rohfett (Äther- extrakt) g	Rohfaser g
600 g Wiesenheu	512.5	472.1	58.7	252.8	12.5	148.2
150 „ Wollsaatmehl	130.6	120.9	46.0	34.2	10.8	30.0
200 „ Maniokmehl	174.4	170.7	2.8	162.6	1.0	4.4
Summa:	817.5	763.7	107.5	449.6	24.3	182.6

	Trocken- substanz %	Organische Substanz %	Rohprotein %	N-freie Extraktstoffe %	Rohfett (Äther- extrakt) %	Rohfaser %
--	---------------------------	-----------------------------	-----------------	-------------------------------	-------------------------------------	---------------

Verdaute Nährstoffmengen.

Hammel XI:						
Im Futter	817.5	763.7	107.5	449.6	24.3	182.6
„ Kote	263.4	231.2	30.1	114.7	6.1	80.3
Verdaut:	554.1	532.5	77.4	334.9	18.2	102.3
Hammel XII:						
Im Futter	817.5	763.7	107.5	449.6	24.3	182.6
„ Kote	257.5	226.9	30.3	110.2	7.2	79.1
Verdaut:	560.0	536.8	77.2	339.4	17.1	103.5

Verdaulichkeit des Maniokmehles.

Hammel XI:						
Wirklich verdaut	554.1	532.5	77.4	334.9	18.2	102.3
Ab für Grundfutter	407.4	388.5	79.7	189.8	16.4	102.7
Vom Maniokmehl verdaut:	146.7	144.0	—	145.1	1.8	—
Hammel XII:						
Wirklich verdaut	560.0	536.8	77.2	339.4	17.1	103.5
Ab für Grundfutter	400.0	381.7	79.3	185.2	16.7	100.3
Vom Maniokmehl verdaut:	160.0	155.1	—	154.2	0.4	3.2

Hiernach gestalten sich nun die Verdauungskoeffizienten für das Maniokmehl bei den beiden Versuchstieren wie folgt:

	Hammel XI	Hammel XII	Im Mittel
	%	%	%
Trockensubstanz	84.1	91.7	87.9
Organische Substanz	84.4	90.8	87.8
N-freie Extraktstoffe	89.2	94.8	92.0

Von der Berechnung des Verdauungskoeffizienten für das Rohprotein, den Ätherextrakt und die Rohfaser kann hier abgesehen werden, denn das Maniokmehl enthält von diesen Nährstoffen so wenig, und sind infolgedessen mit dem verfütterten Maniokmehl so geringe Mengen hiervon den Tieren zugeführt

worden, dass die unvermeidlichen Versuchsfehler wahrscheinlich schon recht erhebliche Schwankungen auslösen würden. Mit einem Gehalt von mehr als 93 % stickstofffreier Extraktstoffe, die fast ausschliesslich aus Stärke bestehen, gehört das Maniokmehl zu unseren kohlehydratreichsten Futtermitteln, dessen Hauptnährstoff sich in unserem Versuch zu 92 % als verdaulich erwies. Man wird daher das Maniokmehl als ein in jeder Beziehung brauchbares und vollwertiges Futtermittel anzusprechen haben.

Ackersenf. *Sinapis arvensis* L., *Napus Agriasinapis* Spenn.

Der Ackersenf gehört zu der Familie der Kreuziferen *Adans.* (Kreuzblütler). Die einjährige, 30—60 cm hohe Pflanze blüht im Juni und Juli. Die Blüte ist zitronengelb, die gelbgrünen Kelchblätter stehen weit von den Blumenblättern ab. Die Blätter sind länglich bis eiförmig, die unteren leierförmig, fiederspaltig. Blattrand ungleich grob gezähnt. Die verhältnismässig lange, bis zur Hälfte vierkantig geschnäbelte Schote ist meist mehr oder weniger rau behaart. Die Schote springt längsseitig in zwei dreinervige Klappen auf. Die kugelrunden Samenkörner zeigen eine braunrote bis schwärzlich-braune Farbe, sie besitzen eine sehr feingrubige Oberfläche. Nach HARTZ¹⁾ erreichen die Samen bis 1.3 mm Durchmesser. 1000 Stück grössere Samen wiegen 1.427 g. Der Geschmack der Samen ist schwach senfartig ölig.

Der Ackersenf gehört zu den gemeinsten und lästigsten Ackerunkräutern. Bereits HARTZ¹⁾ weist darauf hin, dass sich in den Fällen, wo die Pflanze in ungeheuren Mengen auf Äckern auftritt, eine Ernte lohnt, um den Samen zur Ölgewinnung zu verwerten. Andererseits dürfte in der Mehrzahl der Fälle die Pflanze namentlich in den Sommersaaten kaum zur Blüte gelangen, da sie in ähnlicher Weise wie Hederich bekämpft und bereits im Jugendstadium vernichtet wird. Hierbei leisten rechtzeitige Bespritzungen mit Eisenvitriollösungen, sowie Bestäubungen mit Kalkstickstoff oder feingemahlenem Kainit bei vorschriftsmässiger Anwendung recht guten Erfolg. Ackersenf wird vielfach mit Hederich verwechselt, welcher jedoch bloss-

¹⁾ HARTZ, Landw. Samenkunde 1885.

gelbe Blüten, anschliessende Kelchblätter, sowie querabgetrennte einsamige Glieder besitzt.

Der Samen des Ackersenfes war früher offizinell (Semen Rapiatri arvorum), er gibt ein brauchbares fettes Öl. Nach HALLIER¹⁾ wird der Samen in einigen Gegenden, z. B. auf Helgoland eingeerntet. Die jungen Blätter können angeblich als gutes Gemüse gegessen werden.

Nach POTT²⁾ liefert der Ackersenf viel und nahrhaftes Futter, das im grünen Zustande (Beginn der Blüte) enthält:

14.7—15.2	im Mittel	15.0 %	Trockensubstanz,
1.9—2.5	" "	2.3 "	stickstoffhaltige Stoffe,
		0.4 "	Rohfett,
6.1—7.0	" "	6.6 "	stickstofffreie Extraktstoffe,
3.8—4.4	" "	4.1 "	Holzfaser,
		1.6 "	Asche.

Über seine Verfütterung gilt dasselbe wie vom weissen Senf. Er muss unbedingt vor der Schotenbildung verfüttert werden, da er sonst purgierend wirkt und auffallend starke Speichelabsonderung hervorruft.

Auch DAMMANN³⁾ erwähnt bezüglich der Bekömmlichkeit der Pflanze, dass stärkere, entzündliche Zustände der Verdauungswege sich einzustellen pflegen, wenn der Senf schon im Samen steht, wird er früher und in mässigeren Mengen genossen, so bleibt es zumeist bei Speichelfluss und Darmkatarrhen mit mehr oder minder heftigen Diarrhöen, denen Lämmer, wenn sie nicht viele andere gute Pflanzen auf der Weide vorfinden und wenn ihnen vor dem Austreiben kein Trockenfutter im Stalle gereicht war, allerdings auch wohl erliegen können.

Nach POTT²⁾ sind die Samen sehr nährstoffreich, sie enthalten:

91.1—92.9	im Mittel	92.0 %	Trockensubstanz,
23.6—28.2	" "	25.9 "	stickstoffhaltige Stoffe,
25.6—26.4	" "	26.0 "	Rohfett,
21.4—22.2	" "	21.8 "	stickstofffreie Extraktstoffe,
9.5—10.1	" "	9.8 "	Holzfaser,
		8.5 "	Asche.

Die Samen sind demnach reich an stickstoffhaltigen Stoffen und Rohfett, arm an Holzfaser, mithin gewiss leicht verdaulich.

¹⁾ SCHLECHTENDAHL und HALLIER, Flora von Deutschland, 15. Bd.

²⁾ POTT, Handbuch der tierischen Ernährung, 2. Bd.

³⁾ DAMMANN, Gesundheitspflege der landw. Haussäugetiere.

Ein kleiner Teil des Stickstoffes ist indessen in Form eines Glykosides, nach F. WERENSKIOLD¹⁾ wahrscheinlich identisch mit dem Sinalbin des weissen Senfsamens und eines Enzyms, dem Myrosin, vorhanden, die bei genügender Feuchtigkeit (im Magen der Tiere) das gefürchtete Senföl entwickeln. Das genannte Glykosid wird durch das Myrosin gespalten und liefert hierbei Glykose, eine Schwefelsäureverbindung, ein nicht flüchtiges Senföl, das mit dem Sinalbinsenöl viel Ähnlichkeit hat²⁾ und ein im Benzol, Äther und Alkohol lösliches, ziemlich dickflüssiges, rhodanhaltiges Öl. Freilich entwickelt der Ackersenf nur geringe Mengen von Senföl (nach V. DIRKS³⁾ 0.006 ‰), dessen ungeachtet ist es ratsam, viel Ackersenf enthaltende Samengemische behufs Verfütterung zu zerkleinern, in warmem Wasser einzuweichen und schliesslich zu kochen, um das Senföl auszutreiben bezw. zu zerstören. Auch KÖNIG⁴⁾ empfiehlt grosse Vorsicht bei Ölsamen-Rückständen, welche viel Senfsamen enthalten, womöglich sollen diese zur Entfernung des Senföles vorher einige Zeit mit lauwarmem Wasser erwärmt und dann gekocht werden.

Der Samen des Ackersenfes kommt als Verunreinigung, sowie als Zusatz in mehr oder weniger grosser Menge in Futterkuchen vor. Die grau-braunen Hederich- oder Ravisonkuchen bestehen vielfach neben anderen Unkrautsamen (Rauke, Schotendotter) hauptsächlich aus Ackersenf.

Der mikroskopische Nachweis der Samen ist daher oft notwendig. Nach HARZ⁵⁾ sind die Oberhautzellen der Testa mässig stark nach aussen verdickt, vertikal netzig-gestreift, farblos. Die zweite Schicht zweireihig, gelblich, sehr komprimiert. Die Sklerenchymschicht aus etwa 36 μ ziemlich gleich hoher Zellen bestehend, deren Wandungen und Lumina von der Basis bis zur Spitze ziemlich gleiche Durchmesser besitzen. Charakteristisch ist die vierte, innerste Schicht. Sie besteht aus zwei

¹⁾ Tidsskrift for det norske Landbrug 1895, II (F. WERENSKIOLD), zitiert nach POTT 3. Bd.

²⁾ J. GADAMER, Archiv der Pharmazie 235, S. 8, zitiert nach POTT 3. Bd.

³⁾ BIEDERMANN'S Zentralblatt 1882, 1883. Landw. Versuchs-Stationen 28 (V. DIRKS), zitiert nach POTT 3. Bd.

⁴⁾ KÖNIG, Untersuchungen der landwirtschaftlich und gewerblich wichtigen Stoffe.

⁵⁾ HARZ, Landw. Samenkunde 1885.

Reihen brauner, grosser, wohl erhaltener, tangential gestreckter, nicht oder sehr wenig komprimierter Zellen.

Nach KÖNIG¹⁾ zeichnet sich der Samen des Ackersenfes von dem der Brassica-Arten durch die hohen, tafelförmig aneinander gereihten Epidermiszellen aus. Zur Identifizierung dienen die kleinen, radial pfeilspitzenartig gestreckten Stäbchen. Ihre Höhendifferenz fällt im Verhältnis zur Länge nicht ins Auge, man bemerkt deshalb auch kein Schattennetz. Infolge der zentralen Verdickung der seitlichen Zellwände sind die Lumina undurchsichtig und heben sich in Tangentialansicht als schwarze Striche hervor, welche von den braunen Zellwänden wie von den Fäden eines kleinmaschigen Netzes umgeben werden.

Nach BILLE GRAM²⁾ lässt sich der Samen des Ackersenfes leicht erkennen, teils durch den charakteristisch geformten, nicht austretenden Schleim, der an den Rändern am deutlichsten erscheint, wo die Epidermiszellen über die Pallisadenzellen hinaus liegen, teils durch die eigentümliche Farbe der Pallisadenzellen. Die Pallisadenzellen sind ziemlich hoch aber eng, öfters sind sie von einer hellen gelblichen Farbe, als der Inhalt der Pigmentzellen. Zur Erläuterung der mikroskopischen Merkmale dienen die Abbildungen auf Tafel VI, 1. Samenschale in Flächenansicht. 2. Endospermischicht des Samens.

Die zu nachstehenden Fütterungsversuchen verwandten Kuchenbrocken wiesen eine dunkelbraune Farbe auf und besaßen einen angenehmen kumarinähnlichen Geruch. Die mikroskopische Prüfung ergab als hauptsächlichen Bestandteil Samen und Samenschalenteile von Ackersenf. Zwischendurch liessen sich ausser Samen und Samenschalenteilen sonstiger Ackerunkräuter Reste von Lein und Sonnenblumenschalen, sowie unwesentliche Mengen erdiger Verunreinigungen feststellen. Die fremden Bestandteile betrugen schätzungsweise 3, höchstens 5 %. Die Probe auf Senfölenentwicklung verlief negativ.

Der in dem vorliegenden Versuch verfütterte Ackersenfkuchen enthielt in der Trockensubstanz:

Rohprotein	33.24 %
Reineiweiss	27.89 "
N-freie Extraktstoffe	35.52 "
Rohfett (Ätherextrakt)	5.66 "
Rohfaser	14.67 "
Reinasche C- und CO ₂ -frei	10.91 "

¹⁾ KÖNIG, Untersuchungen der landwirtschaftlich und gewerblich wichtigen Stoffe.

²⁾ BILLE GRAM, Über Rapskuchen und deren Verunreinigung.

Wir verfütterten hiervon neben 600 g Wiesenheu mit 85.24 % Trockensubstanz 250 g Ackersenfkuchen mit einem Gehalt von 91.55 % an Trockensubstanz.

Die in der Periode ausgeschiedenen Kotmengen, die Stalltemperatur, Tränkwasserkonsum usw. sind aus der im Anhang befindlichen Tabelle ersichtlich. Hiernach ergeben sich für jedes Versuchstier folgende Durchschnittswerte:

	Tränkwasser	Kot	
		frisch	Trockensubstanz
	g	g	%
Hammel XI	1326	479.7	53.25
" XII	2196	528.8	51.78
			g
			173.6

Die ausgeschiedenen Fäzes enthielten in der Trockensubstanz:

	Hammel XI	Hammel XII
	%	%
Rohprotein	13.12	12.89
N-freie Extraktstoffe	39.47	40.96
Rohfett (Ätherextrakt).	2.42	2.66
Rohfaser	28.25	27.90
Reinasche	16.74	15.59

Mit Hilfe aller hier wiedergegebenen Daten berechnet sich nun die Verdaulichkeit des Ackersenfkuchens wie nachstehend angegeben:

	Trockensubstanz	Organische Substanz	Rohprotein	N-freie Extraktstoffe	Rohfett (Ätherextrakt)	Rohfaser
	g	g	g	g	g	g
Hammel XI:						
600 g Wiesenheu	511.4	471.1	58.6	252.2	12.5	147.8
250 „ Ackersenfkuchen	228.9	203.9	76.1	81.3	13.0	33.6
Gesamtverzehr:	740.3	675.0	134.7	333.5	25.5	171.4
Im Kot ausgeschieden	255.4	212.6	33.5	100.8	6.2	72.2
Verdaut im ganzen:	484.8	462.4	101.2	232.7	19.3	99.2
Ab für Grundfutter	332.9	316.6	39.4	170.2	5.9	101.0
Verdaut vom Ackersenfkuchen:	152.0	145.8	61.8	62.5	13.4	—

	Trocken- substanz g	Organische Substanz g	Rohprotein g	N-freie Extraktstoffe g	Rohfett (Äther- extrakt) g	Rohfaser g
Hammel XII:						
Gesamtverzehr	740.3	675.0	134.7	333.5	25.5	171.4
Im Kote ausgeschieden	273.6	230.9	35.3	112.0	7.3	76.3
Verdaut im ganzen:	466.7	444.1	99.4	221.5	18.2	95.1
Ab für Grundfutter	324.2	308.5	37.6	169.2	6.3	95.3
Verdaut vom Ackersenfkuchen:	142.5	135.6	61.8	52.3	11.9	—

Aus diesen Zahlen leiten sich für die einzelnen Nährstoffgruppen folgende Verdauungskoeffizienten ab:

	Hammel XI %	Hammel XII %	Im Mittel %
Trockensubstanz	66.4	62.2	64.3
Organische Substanz	71.5	66.5	69.0
Rohprotein	81.2	81.2	81.2
N-freie Extraktstoffe	76.8	64.3	70.6
Rohfett (Ätherextrakt)	100.0	91.5	95.8

Mit Hilfe der so gewonnenen Verdauungskoeffizienten würde sich dann für den in diesem Versuch verfütterten Ackersenfkuchen folgender Gehalt an verdaulichen Nährstoffen und an Stärkewert berechnen:

Rohprotein	26.99 %
N-freie Extraktstoffe	25.08 "
Rohfett	5.42 "
Verdauliches Eiweiß	21.64
Stärkewert	52.64

Es würden also bei Annahme eines durchschnittlichen Feuchtigkeitsgehaltes von 10 % in 100 kg Ackersenfkuchen enthalten sein:

verdauliches Eiweiß: 19 kg und Stärkewert: 47 kg.

Hierbei ist die Wertigkeit des Ackersenfkuchens zu 90 angenommen worden.

Verglichen in Bezug auf seinen Gehalt an verdaulichem Eiweiss und Stärkewert würde man den Ackersenfkuchen wohl am ehesten mit Hanfkuchen auf etwa eine Stufe stellen können. Jedenfalls zeigen aber die beiden wertbestimmenden Bestandteile des Ackersenfkuchens, nämlich Protein und Fett, eine recht hohe Verdaulichkeit und steht in dieser Beziehung der Ackersenfkuchen den anderen Rückständen der Ölfabrikation nicht nach.

Spargelbeeren. *Asparagus officinalis* L. Gemeiner Spargel.

Der Spargel gehört zu der Familie der Asparagaceen. Die ausdauernde bis 1.25 m hohe Pflanze findet sich zerstreut an Waldrändern und Ufern, wohl meist verwildert infolge Verschleppung der Samen durch Vögel nach dem Genusse der Beeren. Der Spargel wird häufig wegen der jungen Stengelsprossen angebaut, die man zu einem beliebten Gemüse aussticht, sobald die Stengelspitzen aus dem Erdboden hervorkommen. Bereits seit dem 16. Jahrhundert wird der Spargel kultiviert. Als die eigentliche Heimat wird das südliche Europa angesehen. Die Blüte ist grünlich-weiss, meist zweihäusig. Blumenhülle glockig, tief sechsteilig, am Grunde in eine enge Röhre zusammengezogen. Die Frucht ist eine kugelförmige, dreifächerige, meist 6samige, rote Beere. Blätter büschelig kahl, nadelförmig. Das Rhizom etwa fingerdick mit runden, etwa federkiel-dicken, wenig verästelten Wurzeln. Die Wurzel war früher als radix Asparagi officinell. Der Genuss des Spargels wirkt harntreibend, der Harn erhält hierbei einen eigentümlichen Geruch.

LIPPMANN¹⁾ fand im Saft der Spargel erhebliche Mengen Coniferin neben wenig Vanillin. Coniferin²⁾ wird durch Emulsin in Glykose und Coniferylalkohol zerlegt. Der letztere bezw. das sich aus ihm durch Oxyd bildende Vanillin gilt als ein sehr wirksamer Reizstoff. Die frischen gewinnbaren Sprossen enthalten ungefähr 92 % Wasser und $\frac{1}{3}$ % Asparagin (5 % auf Trockensubstanz berechnet) neben Zucker. Asparagin³⁾ wurde

¹⁾ LIPPMANN, Ber. 1885, S. 3335, nach v. FEHLING, Handwörterbuch der Chemie Bd. VI.

²⁾ POTT, Handbuch der tierischen Ernährung, I. Band, 1914, S. 103.

³⁾ HUSEMANN u. HILGER, I, 1884, S. 403.

zuerst in *Asparagus officinalis* ermittelt. Nach REINSCH¹⁾ zeichnen sich die Sprossen der Spargeln durch einen hohen Kieselsäuregehalt aus.

KERNDT²⁾ fand in den Spargelbeeren einen gelben Farbstoff Chrysoidin ($C_{12}H_{22}O_4$) und das rote Eoidin ($C_{24}H_{44}O_8$). Der Geschmack der Beeren ist unangenehm, ein wenig süßlich. Nach REINSCH¹⁾ sind sie reich an Traubenzucker, wird dieser durch Gärung beseitigt, so gibt der Rückstand an Alkohol einen gelben, wie es scheint kristallisierbaren Farbstoff, den REINSCH¹⁾ sublimierte. Alkalien verändern den Stoff nicht, durch Schwefelsäure tritt Grünfärbung ein. Ferner wies REINSCH¹⁾ in den Samen der Frucht fettes Öl und kristallinischen Bitterstoff nach.

Nach KÖNIG³⁾ sagt dem Spargel ein lockerer Boden am meisten zu. Ferner bedarf er einer starken Düngung; man pflegt den Boden auf etwa 1 m zu rajolen, um ihn recht locker zu erhalten, mit Stallmist usw. zu durchsetzen. Man kultiviert 2 Spielarten mit weissen und lichtgrünen Sprossen. Bei einer Mittelernte kann man auf 1 ha 4000 kg Sprossen, 600 kg Spargelbeeren und 9000 kg Spargelkraut rechnen; diese Mengen sind bei einer Niedrigsternte um etwa $\frac{1}{3}$ niedriger, bei einer sehr hohen Ernte um $\frac{1}{3}$ höher.

Der Nährstoffgehalt¹⁾ ist wegen des hohen Wassergehaltes ein geringerer. Das Mittel von 26 Analysen liefert folgende Zahlen:

93.72 %	Wasser	}	in der natürlichen Substanz
1.95 "	Stickstoffsubstanz		
0.14 "	Fett		
0.37 "	Zucker		
2.03 "	sonstige stickstofffreie Extraktstoffe		
1.15 "	Rohfaser		
0.64 "	Asche		
— %	Phosphorsäure	}	
0.041 "	Schwefel (organisch gebunden)		

In der Trockensubstanz:

31.05 %	Stickstoffsubstanz
38.31 "	stickstofffreie Extraktstoffe

¹⁾ REINSCH, nach HUSEMANN u. HILGER.

²⁾ KERNDT, Gmelins Handbuch d. organ. Chemie 4. Aufl., S. 1120, nach v. FEHLING.

³⁾ KÖNIG, Chemie der menschlichen Nahrungs- u. Genussmittel II. Bd., S. 923.

Die Stickstoffsubstanz schliesst sehr viel Asparagin ein. Nach KÖNIG¹⁾ wurden im Mittel von 21 Proben in Prozenten des Gesamtstickstoffes nur 44 % Reinprotein und 56 % Amide gefunden. Nach THUMBACH soll der untere Teil der Spargelsprossen 1—2 % Zucker enthalten, während die Köpfe davon frei sind. Die Spargel enthalten in der frischen Substanz etwa 0.66 %, in der wasserfreien Substanz 10.62 % Pentosane.

Nach KÖNIG¹⁾ wird ein Spargelbeeren- bzw. Spargelsamen-Kaffee vereinzelt aus den Beeren bzw. Samen von *Asparagus officinalis* als Kaffee-Ersatzmittel gewonnen. Derselbe soll jedoch einen bitteren, unangenehmen Geschmack besitzen. Die Zusammensetzung ist folgende:

6.22 %	Wasser
20.75 "	Stickstoffsubstanz
10.45 "	Fett
5.36 "	Asche

8.87 % in Wasser lösliche Stoffe in der Trockensubstanz

Eine eingehende anatomische Beschreibung der Beerenfruchtwand sowie des Samens finden wir bei HARZ.²⁾ Zur Erläuterung vergl. Abbildung der Zellschicht der Fruchtwand auf Tafel VI, 3.

Die gemahlenden getrockneten Spargelbeeren, welche zu den nachstehenden Versuchen Verwendung fanden, besaßen einen angenehmen, brotartigen Geruch.

Das in dem nachstehend beschriebenen Versuch verfütterte Spargelbeerenschrot enthielt in der Trockensubstanz folgende Mengen von Rohnährstoffen:

Rohprotein	14.74 %
Reineiweiss	13.70 "
N-freie Extraktstoffe	53.59 "
Rohfett (Ätherextrakt)	10.08 "
Rohfaser	15.09 "
Reinasche	6.70 "

Das Produkt ist also als ein verhältnismässig rohfaserarmes dagegen fettreiches anzusprechen.

Neben 600 g Wiesenheu mit einem Trockensubstanzgehalt von 84.59 % verfütterten wir pro Kopf und Tag 250 g Spargelbeerenschrot, welches einen Gehalt an Trockensubstanz von 88.26 % aufwies. Das Futter wurde, wie auch in allen Perioden, stets restlos aufgezehrt.

¹⁾ KÖNIG, Chemie der menschlichen Nahrungs- u. Genussmittel II. Bd., S. 1095.

²⁾ HARZ, Landw. Samenkunde S. 1116.

Der durchschnittliche Tränkwasserkonsum, sowie die in diesem Versuch ausgeschiedenen durchschnittlichen Kotmengen, wie sie sich aus der im Anhang befindlichen Tabelle ableiten, waren folgende:

	Tränkwasserkonsum g	Kot	
		frisch g	Trockensubstanz % g
Hammel XI	1254	429.0	52.69 226.0
" XII	2011	457.4	53.04 242.5

In der wasserfreien Substanz enthielten die Fäzes:

	Hammel XI %	Hammel XII %
Rohprotein	13.03	13.66
N-freie Extraktstoffe	40.56	39.93
Rohfett (Ätherextrakt)	3.95	3.83
Rohfaser	28.33	28.87
Reinasche	14.31	13.71

Die Verdaulichkeit des Spargelbeerenschrotes berechnet sich nunmehr in der nachstehend angegebenen Weise, indem von dem verdauten Teil des Gesamtfutters der auf Wiesenheu entfallende in Abzug gebracht worden ist.

	Trocken- substanz g	Organische Substanz g	Rohprotein g	N-freie Extraktstoffe g	Rohfett (Äther- extrakt) g	Rohfaser g
Hammel XI:						
Wiesenheu	507.5	467.5	58.2	250.3	12.4	146.7
Spargelbeerenschrot	220.7	205.9	32.5	117.8	22.2	33.3
Gesamtverzehr:	728.2	673.4	90.7	368.1	34.6	180.0
Ausgeschieden im Kote.	226.0	194.1	29.5	91.7	8.9	64.0
Verdaut im ganzen:	502.2	479.3	61.2	276.4	25.7	116.0
Verdaut vom Wiesenheu	330.4	314.2	39.2	169.0	5.9	100.3
Verdaut vom Spargelbeerenschrot:	171.8	165.1	22.0	107.4	19.8	15.7
Hammel XII wie XI:						
Gesamtverzehr	728.2	673.4	90.7	368.1	34.6	180.0
Ausgeschieden im Kote.	242.5	209.3	33.1	96.8	9.2	70.0
Verdaut im ganzen:	485.7	464.1	57.6	271.3	25.4	110.0
Verdaut vom Wiesenheu	321.7	306.2	37.4	168.0	6.2	94.6
Verdaut vom Spargelbeerenschrot:	164.0	157.9	20.2	103.3	19.2	15.4

Wir haben auch hier schon in den vorhergehenden Perioden der Berechnung der Verdaulichkeit des Spargelbeerenschrotes die für jedes Versuchstier gesondert ermittelten Verdauungskoeffizienten des Wiesenheues zugrunde gelegt und gelangen nunmehr auf diesem Wege zu folgenden Verdauungskoeffizienten für das Spargelbeerenschrot:

	Hammel XI	Hammel XII	Im Mittel
	%	%	%
Trockensubstanz	77.8	74.3	76.0
Organische Substanz	78.4	76.7	77.6
Rohprotein	68.7	62.2	65.5
N-freie Extraktstoffe	91.2	87.7	89.5
Rohfett (Ätherextrakt)	89.2	86.6	87.9
Rohfaser	47.1	46.3	46.7

Der Gehalt des in dem vorliegenden Versuch benutzten Spargelbeerenschrotes berechnet sich demnach wie folgt:

	Rohnährstoffe	verdauliche Nährstoffe
	%	%
Rohprotein	14.74	9.65
N-freie Extraktstoffe	53.59	47.96
Rohfett (Ätherextrakt)	10.08	8.86
Rohfaser	15.09	7.05
Verdauliches Eiweiss		8.61
Stärkewert		71.72¹⁾

Nimmt man einen durchschnittlichen Wassergehalt von 10 % an, so würden dann in 100 kg Spargelbeerenschrot enthalten sein:

7.7 kg verdauliches Eiweiss und 64.6 kg Stärkewert.

Zichorienwurzel-Brocken, Zichorienwurzel-Schrot. Cichorium Intybus L. Echte Zichorie, gemeine Wegewarte, Feldwegewarte, Sonnenwende, Feldsonnenwirbel, Hindläufte, Hundläufte.

Die Zichorie gehört zu der Familie der Compositen (Korbblütler), Ordnung Cichoriaceen. Die ausdauernde Pflanze ist einheimisch in ganz Europa bis hoch nach Norwegen, Vorderasien, Japan, China und Nordamerika. Sie wächst zumeist an Wegen, Grabenrändern und Rainen. Weitere Arten von Cichorium sind Cichorium Endivia L., Endivie, aus Indien stammend, sowie

¹⁾ Bei Annahme einer Wertigkeit von 90.

die krausblättrige Varietät *Cichorium crispum* Mill. *Cichorium Intybus* ist ein aufrechtes, gespreizt-ästiges, mehr oder weniger steifhaariges, bis 1.25 m hohes Kraut mit schrotsägezahnigen Wurzel- und lanzettlichen Stengelblättern. Blütenköpfe entwickeln sich erst im zweiten Jahre im Juli und August in grosser Zahl. Die paarigen, blauen, selten weissen Blüten sind kurz gestielt oder sitzend. Die Früchte (Achänen) sind fast fünfkantig, kahl mit ein- bis dreireihigem Pappus. Die lange Wurzel ist spindelförmig, möhrenartig, derbfleischig, wenig verästelt, milchend, mit bräunlicher Wurzelrinde und weissem Innern. Beim Trocknen schrumpft die Wurzel stark ein und wird hornartig hart. Der Geschmack ist schleimig, bitter-süsslich.

Die Wurzel der wildwachsenden Zichorie war früher als *Radix cichorii silvestris* (Weglungenwurzel) gebräuchlich gegen Verdauungsschwächen, Hysterie, Gelbsucht, in Russland gegen Wasserscheu. In Frankreich ist die Wurzel als *Racine de chicorée sauvage* offizinell. Der Aufguss soll etwas betäubend wirken. Getrocknet ist die Wurzel fast geruchlos. Mit Zucker eingemacht kam sie früher als sog. Hindläufte in den Handel.

Die Wurzel der kultivierten Zichorie findet bekanntlich sehr ausgedehnte Verwendung zur Darstellung von Kaffeezusatz oder Zichorienkaffee (deutscher Kaffee). In vielen Gegenden, so in Magdeburg, Braunschweig, Hannover, Thüringen, Schlesien, sodann in Böhmen, Mähren, Breisgau, Österreich, Ungarn, Belgien, Holland wird die Pflanze in sehr grossen Mengen angebaut und ist daher von wirtschaftlicher Bedeutung. Zwecks Bereitung des Zichorienkaffees wird nach FEHLING¹⁾ die Wurzel gereinigt, zerkleinert und geröstet, nach Zusatz von Pflanzenfett (Sesam-, Erdnussöl) fein gemahlen. Das Erzeugnis lagert dann einige Zeit verpackt an einem feuchten, warmen Orte oder auf Horden in Kammern, in welche Dampf geleitet wird. Der Zichorienkaffee ist eine braunschwarze, feste, bröckelige, mitunter etwas schmierige Masse. An Wasser gibt das Präparat etwa 13 % lösliche Bestandteile ab. Die wirksamen Bestandteile des Kaffees sind in der Zichorie nicht vorhanden. An das Aroma des Kaffees erinnert höchstens das brenzliche, beim Rösten entwickelte Öl der Zichorienwurzel. Gedarrte Rüben werden oft mit Zichorie

¹⁾ VON FEHLING, Handwörterbuch der Chemie Bd. II, S. 701.

gemischt und zu Surrogatkaffee verarbeitet. Zur Bestimmung des Zichoriengehaltes von verfälschtem Kaffee dient die Bestimmung des hohen Chlorgehaltes der Zichorie (0,28 % gegenüber 0,03 % im Kaffee).¹⁾ Die Zichorie²⁾ soll schon Mitte des 18. Jahrhunderts am Nordrand des Harzes in Haushaltungen als Kaffeesurrogat benutzt worden sein. 1763 lenkten Major VON HEINE und FÖRSTER die Aufmerksamkeit auf das Präparat, sie erhielten 1770 ein Privilegium für den Anbau der Zichorie und den Vertrieb in Preussen. Nach 1790 stellten Braunschweiger und Magdeburger Kaufleute Zichorienkaffee für den Handel her. Anfang des 19. Jahrhunderts wurde die erste Fabrik errichtet, welche besonders während der Kontinentalsperre ihr Fabrikat bei der armen Bevölkerung einzubürgern vermochte.

Die kultivierte Wurzel ist stärker als die wildwachsende, fleischig mit verhältnismässig breiter Rinde. Sowohl in der wildwachsenden wie kultivierten Wurzel finden sich nur Spuren von Gerbstoff und ätherischem Öl, wenig Eiweiss, Fett, Harz und organische Säuren. Von Amidstoffen enthält die Wurzel nach E. SCHULZE³⁾ Asparagin und Arginin, aber kein Glutamin. Die stickstofffreien Extraktstoffe bestehen vornehmlich aus Inulin; E. WOLFF⁴⁾ fand davon in frischen Wurzeln 13—15 %. Stärke fehlt vollkommen. WOLFF fand aber in denselben Wurzeln Lävulin und Synanthrose und 0,6 % reduzierten Zucker. KRANCH⁵⁾ stellte in getrockneter Zichorienwurzel 22,4 % Zucker fest. A. MAYER⁶⁾ fand in holländischen Zichorienwurzelproben in der Frischsubstanz bei 72 und 77,3 % Feuchtigkeit = 12—17,3 % Inulin und andere in Alkohol unlösliche stickstofffreie Extraktstoffe, dann 5,6—6 % Zucker und andere in Alkohol lösliche Stoffe. Der Inulingehalt nimmt im Laufe der Vegetationsperiode bedeutend zu, erreicht nach DRAGENDORFF⁷⁾ im Herbst gegen

¹⁾ U. a. HIEPE, Ref. Bot. Zentralblatt 1881, S. 116.

²⁾ MEYERS Konversationslexikon.

³⁾ E. SCHULZE nach POTT, Handbuch. Spezielle Futtermittellehre. Erste Hälfte S. 417.

⁴⁾ E. WOLFF, Chem. Centralblatt 1899, II, S. 211.

⁵⁾ KRAUCH, Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft 1879, II, S. 277, nach POTT, S. 417.

⁶⁾ A. MAYER, Journ. für Landwirtschaft 1883, S. 253.

⁷⁾ DRAGENDORFF nach MÖLLER, Mikroskopie der Nahrungs- und Genussmittel aus dem Pflanzenreiche 1886, S. 284.

45—50 ‰. Neben den zuckerreichen Wurzeln von *Cichorium intybus* sind die Blüten durch den Gehalt an Glykosid bemerkenswert.¹⁾ Ausserdem fand A. MAYER in denselben Wurzeln 0.05 bis 0.15 ‰ eines Bitterstoffes, welchem vielleicht die appetitanreizenden und verdauungsbefördernden, vielleicht aber auch die nach starkem Zichoriengenuss beobachteten schädlichen Wirkungen zuzuschreiben sind. Man hat der Zichorie nachgesagt, dass deren Genuss bei Menschen und Pferden die Sehkraft vermindere, was aber nicht bewiesen ist. Grössere Mengen von Zichorienwurzeln sollen Durchfälle und Betäubungen verursachen. Bemerkenswert sind u. a. die Untersuchungen von O. SCHMIEDEBERG,²⁾ welcher seine Versuchsergebnisse bezüglich der diätetischen und gesundheitlichen Beschaffenheit dahingehend zusammengefasst: Der Zichorienkaffee eignet sich zum täglichen Gebrauch, weil er, in der üblichen Weise genossen, unschädlich ist und in vielen Fällen seine appetitanregende, die Verdauung befördernde und gährungs- und fäulniswidrige Wirkung von grossem Nutzen sein kann.

Die Zusammensetzung der gerösteten Zichorie ist nach KÖNIG³⁾ im Mittel mehrerer Sorten

11.76 ‰	Wasser
7.35 "	Stickstoffsubstanz
2.48 "	Fett (Ätherextrakt)
17.46 "	Zucker
12.74 "	Karamel
6.61 "	Inulin
26.58 "	sonstige stickstofffreie Extraktstoffe
10.03 "	Rohfaser
4.99 "	Asche
1.43 "	Sand
63.33 "	in Wasser lösliche Stoffe in der frischen Substanz
71.77 "	" " " " " " Trockensubstanz.

Bevor die Zichorie dem heutigen, hauptsächlichlichen Zwecke als Kaffeesurrogat diene, fand die junge Pflanze im Haushalt Verwendung als Gemüse und Salat. Nach SETTEGAST⁴⁾ wurde

¹⁾ HUSEMANN und HILGER, Die Pflanzenstoffe, Bd. 2, S. 1540 und R. NITZKI, Arch. Pharm. 8, S. 327.

²⁾ O. SCHMIEDEBERG, nach Referat der Zeitschr. für Nahrungs- und Genussmittel, Bd. 26, S. 677.

³⁾ KÖNIG, Chemie der menschlichen Nahrungs- und Genussmittel, Bd. II, S. 1088.

⁴⁾ BLOMEYER und SETTEGAST, Kultur der landw. Nutzpflanzen II, S. 511 ff.

die Pflanze bereits im Altertum wie heute noch in Griechenland und Italien zur Nahrung verwendet. Auch die oben genannten Varietäten *C. Endivia* und *C. crispum* werden als Salatpflanzen angebaut. Um die Blätter zarter zu machen, wird die Pflanze gewöhnlich durch Lichtentziehung gebleicht. Die jungen etiolierten Blätter schmecken etwas bitter. *Cichorium Intybus* wird unter der Bezeichnung „Chicorée“ besonders bei Brüssel gebaut. Das Hauptkulturgebiet befindet sich bei Brüssel, Schaerbeek und Evere. Es werden verschiedene Formen kultiviert, so in Belgien der Brüsseler Witloof, in Frankreich der Kapuzinerbart. An den Boden stellt die „Chicorée“ verhältnismässig bescheidene Ansprüche, am besten ist milder, lehmiger Sand. Erfordernis ist nach WALDMANN,¹⁾ welcher über die Kultur näheres berichtet, reiner Samen einer ertragreichen Sorte (*Chicorée a grosse racine de Bruxelles*). In dem ersten Kriegsjahre fanden in Deutschland zahlreiche Einfuhren von Chicoree als Gemüse von Belgien aus statt. In Deutschland wird sowohl die grosse Brüsseler Zichorie, wie die bunte französische Zichorie angebaut.

Das Kraut der Pflanze findet auch als Viehfutter Verwendung, so nach POTT²⁾ besonders in Gegenden, wo die Zichorie zum Zwecke der Herstellung des bekannten Kaffeesurrogates angebaut wird. Ausserdem baut man die Zichorie besonders in Frankreich als Futterpflanze, sodann in England als Fettweide für Hammel oder in Frankreich behufs Futtergewinnung in der Weise, dass man die Zichorienpflanze im Laufe des Sommers wiederholt abmäht, bei welchem Verfahren die Wurzeln klein und unansehnlich bleiben. Als Futterpflanze angebaut, liefert sie unter guten Verhältnissen 2—3 Schnitte, in Deutschland aber meist nur einen Schnitt sehr frühzeitigen Futters.³⁾ Wird die Zichorie behufs Verarbeitung der Wurzeln auf Kaffeesurrogat kultiviert, so werden die Blätter im September bis Oktober mit der Wurzelkrone abgetrennt. Man erhält so bis zu 4000 kg Grünfutter vom Hektar, welches beim Übergang zum Winter-

¹⁾ WALDMANN, Landw. Umschau 1910, Nr. 41, nach Jahresber. für Landwirtschaft XXV, Jahrg. 1910.

²⁾ E. SCHULZE nach POTT, Handbuch Spezielle Futtermittellehre. Erste Hälfte S. 417.

³⁾ H. SCHULZ, Landw. Versuchs-Stationen 1867, S. 203. Zur Kenntnis der Zichorie.

futter eine angenehme Zugabe bildet. Dieses etwas abgewelkte Herbstgrünfutter¹⁾ enthält:

54.4	%	Trockensubstanz
9.2	"	stickstoffhaltige Stoffe
2.3	"	Rohfett
25.2	"	stickstofffreie Extraktstoffe
8.2	"	Holzfaser
9.5	"	Asche

Weil die Wurzelkronen leicht anfaulen, können die Blätter nur durch Einsäuern oder durch Umwandlung in Braun- oder Sauerheu konserviert werden. Sauerheu von Zichorienblättern enthielt nach F. STOHMANN:²⁾

58.8	%	Trockensubstanz
9.2	"	stickstoffhaltige Stoffe
2.3	"	Rohfett
25.2	"	stickstofffreie Extraktstoffe
8.2	"	Holzfaser
13.9	"	Asche

Zur Dürreheubereitung eignet sich die Zichorie nach POTT³⁾ nicht, weil die Blätter zu schwer trocknen und zu stark schwinden.

Anfangs können sich die Tiere mit dem Kraut der Zichorie zuweilen des Bitterstoffes wegen nicht befreunden, der bei Verfütterung grosser Mengen sich auch in Milch und Butter bemerkbar machen soll. Die Tiere gewöhnen sich aber bald daran und befinden sich bei Zichorienkraut als Nebenfutter sehr wohl. Den Schweinen ist das frische Kraut ebenfalls sehr angenehm.

Hauptsächlich wird die Pflanze behufs Verarbeitung der gedörrten Wurzeln zu Kaffeesurrogat angebaut. Sie verlangt einen etwas leichten, tiefgelockerten, sandigen Lehmboden. Kalkgehalt ist zuträglich. Die Ernte fällt in den Oktober, doch kann man die Wurzel im Winter in der Erde lassen, da sie nicht erfriert. Vom Hektar soll man nach SCHLIPP⁴⁾ bis 30 000 kg Wurzeln ernten. 4½ kg frische Wurzeln geben 1 kg getrockneter

¹⁾ Nähere Angaben über die Kultur der Zichorie finden sich u. a. bei BLOMEYER und SETTEGAST, Kultur der landwirtsch. Kulturpflanzen II, S. 511 ff.

²⁾ STOHMANN, Zeitschrift des landwirtsch. Zentralvereins für Sachsen 1866, S. 23, 24, nach POTT.

³⁾ E. SCHULZE nach POTT, Handbuch Spezielle Futtermittellehre. Erste Hälfte S. 417.

⁴⁾ SCHLIPP, Handbuch der Landwirtschaft.

Wurzeln. Die 5—8 cm dicken fleischigen Wurzeln sind ebenso wie das Kraut auch als Viehfutter verwendbar. Sie enthalten nach POTT:¹⁾

20.8—28.0	im Mittel	24.2 %	Trockensubstanz
0.9—1.25	" "	1.1 "	stickstoffhaltige Stoffe
0.1—0.5	" "	0.3 "	Rohfett
17.6—23.3	" "	20.3 "	stickstofffreie Extraktstoffe
0.9—1.8	" "	1.3 "	Holzfaser
0.7—1.9	" "	1.2 "	Asche

Nach KÖNIG:²⁾

78.76	%	Wasser
1.03	"	stickstoffhaltige Substanz
0.35	"	Fett
2.62	"	Zucker
15.30	"	stickstofffreie Extraktstoffe
1.09	"	Rohfaser
0.85	"	Asche

In der Trockensubstanz:

4.86	%	Stickstoffsubstanz
84.37	"	stickstofffreie Extraktstoffe

Sie ähneln also — abgesehen von ihrem geringeren Stickstoffgehalt — mit ihrer größeren chemischen Zusammensetzung den Kartoffeln. Von der Stickstoffsubstanz wies A. MORGEN (nach STUTZER) 78.6 % als verdaulich nach.

Die Tiere gewöhnen sich ähnlich wie an das Kraut so auch rasch an den bitteren Geschmack der Zichorienwurzel, verzehren sie alsdann mit grosser Begierde und verdauen und nutzen sie, wie es scheint, ebensogut wie die Kartoffeln aus. Nach POTT¹⁾ sind die Wurzeln sehr verwendbar als Futter für Milchvieh; nach grösseren Mengen nehmen Milch und Butter in der gleichen Weise wie nach Verfütterung von Kraut einen bitteren Geschmack an, was nicht verhütet werden kann, wenn man die Zichorien dämpft oder kocht, der Bitterstoff kann auch nicht durch den gespannten Druck aus der Wurzel beseitigt werden. Empfohlen werden die Zichorienwurzeln auch für Hammel und Mutterschafe. Für Pferde werden kleine Gaben von zerkleinerten Wurzeln (1—1½ kg) als verdauungsanregendes und blutreinigendes Mittel empfohlen.

¹⁾ E. SCHULZE nach POTT, Handbuch Spezielle Futtermittellehre. Erste Hälfte S. 417.

²⁾ KÖNIG, Chemie der menschlichen Nahrungs- und Genussmittel, Bd. I, S. 739.

Eine eingehende Beschreibung des anatomischen Baues der Zichorienwurzel finden wir bei MÖLLER.¹⁾ Korkschicht sowohl wie primäre Rinde und Bast mit Milchsaftschläuchen und Siebröhren bieten keine diagnostischen Merkmale. Dagegen sind von den Elementen des Holzes die Gefässe besonders charakteristisch. Sie sind aus kurzen (am häufigsten gegen 0.2 mm), mässig weiten (am häufigsten 0.02—0.05 mm) Gliedern aufgebaut, deren schief gestellte Querwände nicht oder vollkommen perforiert sind. Die Seitenwände sind dicht mit quergestreckten, bei stärkeren Vergrösserungen als behöft erkennbaren Tüpfeln besetzt. Die Gefässe sind oft radial gereiht oder doch zu Bündeln vereinigt, selten isoliert. Sie werden durch Fuchsin am ersten und am intensivsten rot gefärbt. Die beiden anderen Formelemente des Holzes (Parenchymzellen und Holzfasern) bieten keine auffälligen Erkennungsmerkmale. (Vergleiche Tafel VII, 2. Wurzelgefässe.)

Das zu den nachstehenden Fütterungsversuchen verwendete Zichorienwurzelschrot bestand aus zerkleinerten, härtlichen weissen bzw. gebräunten Wurzelstücken. Der Geruch war angenehm, der Geschmack bitter, etwas süsslich.

Zichorienwurzelbrocken (vergleiche Tafel VII, 1. Zichorienwurzelstücke) finden gegenwärtig als Ersatzfuttermittel Verwendung. Die Agrikulturchemische Versuchsstation in Köslin²⁾ unterzog vor kurzer Zeit drei Proben Zichorienbrocken der Untersuchung und stellte folgende Gehalte im Mittel fest:

13.40	%	Wasser
3.33	"	Asche
4.40	"	Rohprotein
0.56	"	Fett
4.62	"	Rohfaser
73.69	"	Kohlehydrate

An verdaulichen Nährstoffen wurden rechnerisch ermittelt durchschnittlich 1.2 % Eiweiss, 68.9 % Kohlehydrate und 1.3 % Rohfaser, wobei die Verdauungskoeffizienten ähnlich zusammengesetzter Wurzelfrüchte, nämlich der Topinambur, zugrunde gelegt worden sind. Der Stärkewert der Zichorienbrocken berechnet sich auf etwa 65.6 kg für den Doppelzentner. Der Futterwert getrockneter Zichorienbrocken stellt sich demnach etwa auf

¹⁾ DRAGENDORFF nach MÖLLER, Mikroskopie der Nahrungs- und Genussmittel aus dem Pflanzenreiche 1886, S. 284.

²⁾ Deutsche Landw. Presse 1916, Nr. 12.

dieselbe Höhe wie Gerstenkleie, flachkörniger Roggen bzw. Weizen.

Zichorienbrocken werden heute in Stettin mit 40—42.05 M. für den Doppelzentner bezahlt. Wenn man die heutigen Marktpreise der staatlicherseits beschlagnahmten Futtermittel zur Berechnung des Geldwertes von Zichorienbrocken zugrunde legt, so berechnet sich dieser auf 29 M. für den Doppelzentner. Zichorienbrocken werden also sehr teuer bezahlt.

Von den Zichorienbrocken verfütterten wir pro Kopf und Tag zunächst in einer ersten Versuchsreihe neben dem aus 600 g Wiesenheu bestehenden Grundfutter 250 g. Die Zichorienbrocken enthielten in der Trockensubstanz:

Rohprotein	Reineiweiss	N-freie Extraktstoffe	Rohfett	Rohfaser	Reinasche
5.40 %	2.46 %	85.08 %	0.45 %	4.80 %	4.27 %

Die zu unseren Versuchen herangezogene Probe zeigt also eine ganz ähnliche Zusammensetzung wie die von der Versuchstation Köslin untersuchte.

Die Zichorienbrocken wurden von den Tieren anstandslos genommen und stets restlos aufgezehrt.

Über die Beobachtungen der Stalltemperatur, des Lebendgewichtes, des Tränkwasserkonsums und der Kotausscheidung gibt die im Anhang befindliche Tabelle Auskunft, aus welcher folgende Durchschnittswerte hervorgehen:

Tränkwasserkonsum		Kot	
		frisch	Trockensubstanz
	g	g	%
Hammel XI . . .	1026	396.1	48.31
„ XII . . .	2751	424.2	48.27
			g
			191.0
			204.8

Die prozentische Zusammensetzung des Darmkotes war die nachstehend bezeichnete (berechnet auf Trockensubstanz):

	Hammel XI	Hammel XII
	%	%
Rohprotein	12.61	12.77
N-freie Extraktstoffe	44.45	44.00
Rohfett (Ätherextrakt)	3.54	3.57
Rohfaser	25.27	26.03
Reinasche	14.13	13.63

Auf Grund der im vorstehenden verzeichneten Angaben berechnet sich nunmehr die bei dieser Fütterung im Durchschnitt pro 24 Stunden verzehrte, ausgeschiedene und verdaute Menge der Einzelbestandteile wie folgt:

	Trocken- substanz g	Organische Substanz g	Rohprotein g	N-freie Extraktstoffe g	Rohfett (Äther- extrakt) g	Rohfaser g
Hammel XI:						
Wiesenheu (84.59 %)	507.5	467.5	58.2	250.3	12.4	146.7
Zichorienschrot (83.69 %)	209.2	200.3	11.3	178.0	0.9	10.0
Gesamtverzehr:	716.7	667.8	69.5	428.3	13.3	156.7
Ausgeschieden im Kot	191.0	164.0	24.1	84.9	6.8	48.3
Verdaut im ganzen:	525.7	503.8	45.4	343.4	6.5	108.4
Verdaut vom Wiesenheu	330.4	314.2	39.2	169.0	5.9	100.3
Verdaut vom Zichorienschrot:	195.3	189.6	6.2	174.4	0.6	8.1
Hammel XII wie XI:						
Gesamtverzehr	716.7	667.8	69.5	428.3	13.3	156.7
Ausgeschieden im Kot	204.8	176.9	26.2	90.1	7.3	53.3
Verdaut im ganzen:	511.9	490.9	43.3	338.2	6.0	103.4
Verdaut vom Wiesenheu:	321.7	306.2	37.4	168.0	6.2	94.6
Verdaut vom Zichorienschrot:	190.2	184.7	5.9	170.2	—	8.8

Nach diesen Zusammenstellungen wurden von dem Zichorienschrot verdaut in Prozenten der Einzelbestandteile:

	Hammel XI %	Hammel XII %	Im Mittel %
Trockensubstanz	93.3	90.9	92.1
Organische Substanz	94.6	92.2	93.4
Rohprotein	54.8	52.2	53.5
N-freie Extraktstoffe	97.9	95.6	96.8
Rohfett (Ätherextrakt)	66.6	—	66.6 ¹⁾
Rohfaser	81.0	88.0	84.5

Nach den Ergebnissen dieses Verdauungsversuches enthielten also die Zichorienbrocken in der Trockensubstanz:

	Rohnährstoffe %	verdauliche Nährstoffe %
Rohprotein	5.40	2.89
N-freie Extraktstoffe	85.08	82.36
Rohfett (Ätherextrakt)	0.45	0.30
Rohfaser	4.80	4.06
verdauliches Eiweiß		0.94
Stärkewert		87.88 ²⁾

¹⁾ Von Hammel XI allein.

²⁾ Wertigkeit = 100.

Unter Zugrundelegung eines durchschnittlichen Feuchtigkeitsgehaltes von 15 % würden demnach in 100 g lufttrockener Zichorienbrocken enthalten sein:

0.8 kg verdauliches Eiweiss und 74.7 kg Stärkewert.

Die Zichorienbrocken wären demnach als ein an verdaulichem Eiweiss zwar sehr armes, an Kohlehydraten und demgemäss an Stärkewerten aber sehr reiches, hochverdauliches Futtermittel anzusprechen.

Gegen den soeben angeführten Versuch könnte nun der Einwand erhoben werden, dass wir hier einem an sich proteinarmen Grundfutter wie dem Wiesenheu ein sehr kohlehydratreiches Produkt zugelegt und hierdurch ev. eine Verdauungsdepression bewirkt hätten. Um diesem Einwand begegnen zu können, haben wir mit dem gleichen Zichorienschrot, das wir hierbei aber nochmals analysierten, einen weiteren Versuch mit zwei anderen Hammeln der gleichen Rasse, bezeichnet XIX und XX, ausgeführt. Das Grundfutter bestand in diesem Falle aus Wiesenheu, Melasseschnitzel und Sesamkuchen.

Es folgen nunmehr zunächst die üblichen tabellarischen Übersichten betreffs der Futterrationen, Zusammensetzung der Futtermittel und Kotproben, Berechnung der Verdaulichkeit usw. Die an den einzelnen Versuchstagen erlangten Zahlen für die Menge und den Trockensubstanzgehalt des Kotes, sowie für den Tränkwasserkonsum sind in den im Anhang befindlichen Tabellen zusammengestellt.

Futterrationen.

Periode	Art der Futtermittel	Luft-trocken g	Trockensubstanz	
			%	g
VII	Wiesenheu	300	78.39	235.2
	Sesamkuchen	200	90.73	181.5
	Melasseschnitzel	200	90.66	181.3
	Summa:	700	—	598.0
VIII	Wiesenheu	150	78.39	117.6
	Sesamkuchen	100	90.73	90.7
	Melasseschnitzel	100	90.66	90.7
	Zichorienschrot	250	82.91	207.3
	Summa:	600	—	506.3

Prozentische Zusammensetzung der Futtermittel und des Kotes.

	Rohprotein	Reineiweiss	N-freie Extraktstoffe	Rohfett (Äther- extrakt)	Rohfaser	Reinasche
Futtermittel:						
Wiesenheu	11.39	10.22	48.40	2.61	27.40	10.20
Sesamkuchen	38.95	38.18	21.16	14.27	9.98	15.64
Melasseschnitzel	9.56	8.71	68.29	0.12	17.91	4.12
Zichorienschrot	4.90	2.46	85.54	0.74	4.50	4.32
Kotproben:						
Hammel XIX } Periode VII. {	14.79	—	38.40	4.44	16.92	25.45
" XX } Grundfutter {	15.63	—	39.88	4.56	15.35	24.58
Hammel XIX } Periode VIII. {	14.67	—	38.19	4.44	17.18	25.52
" XX } Zichorienschrot {	15.78	—	37.76	4.95	16.20	25.31

Zusammensetzung der Futterrationen.

Periode und Art der Futtermittel	Trocken- substanz %	Organische Substanz %	Rohprotein %	N-freie Extraktstoffe %	Rohfett (Äther- extrakt) %	Rohfaser %
Periode VII:						
Wiesenheu	235.2	211.2	26.8	113.8	6.1	64.4
Sesamkuchen	181.5	153.1	70.7	38.4	25.9	18.1
Melasseschnitzel	181.3	173.8	17.3	123.8	0.2	32.5
Summa:	598.0	538.1	114.8	276.0	32.2	115.0
Periode VIII:						
Wiesenheu	117.6	105.6	13.4	56.9	3.1	32.2
Sesamkuchen	90.7	76.6	35.4	19.2	13.0	9.1
Melasseschnitzel	90.7	86.9	8.7	61.9	0.1	16.3
Zichorienschrot	207.3	198.3	10.2	177.3	1.5	9.3
Summa:	506.3	467.4	67.7	305.3	17.7	66.9

Verdaute Nährstoffmengen.

	Trocken- substanz g	Organische Substanz g	Rohprotein g	N-freie Extraktstoffe g	Rohfett (Äther- extrakt) g	Rohfaser g
Hammel XIX, Periode VII:						
Im Futter	598.0	538.1	114.8	276.0	32.2	115.0
„ Kote	200.0	149.1	29.6	76.8	8.9	33.8
Verdaut:	398.0	389.0	85.2	199.2	23.3	81.2
Hammel XX, Periode VII:						
Im Futter	598.0	538.1	114.8	276.0	32.2	115.0
„ Kote	190.4	143.6	29.8	75.9	8.7	29.2
Verdaut:	407.6	394.5	85.0	200.1	23.5	85.8
Hammel XIX, Periode VIII:						
Im Futter	506.3	467.4	67.7	305.3	17.7	66.9
„ Kote	105.4	78.5	15.5	40.3	4.7	18.1
Verdaut:	400.9	388.9	52.2	265.0	13.0	48.8
Hammel XX, Periode VIII:						
Im Futter	506.3	467.4	67.7	305.3	17.7	66.9
„ Kote	100.8	75.3	15.9	38.1	4.9	16.3
Verdaut:	405.5	392.1	51.8	267.2	12.8	50.6

Hiernach war zunächst das Grundfutter wie folgt verdaulich:

	Hammel XIX %	Hammel XX %	Im Mittel %
Trockensubstanz	66.6	68.2	67.4
Organische Substanz	74.0	73.3	73.6
Rohprotein	73.8	74.0	73.9
N-freie Extraktstoffe	72.2	72.5	72.4
Rohfett (Ätherextrakt)	72.4	73.0	72.7
Rohfaser	68.6	74.6	71.6

Die Übereinstimmung beider Versuchstiere ist also eine sehr gute gewesen.

Verdaulichkeit des Zichorienschrotes.

	Trocken- substanz	Organische Substanz	Rohprotein	N-freie Extraktstoffe	Rohfett (Äther- extrakt)	Rohfaser
	g	g	g	g	g	g
Hammel XIX:						
Wirklich verdaut	400.9	388.9	52.2	265.0	13.0	48.8
Ab für Grundfutter	199.0	194.5	42.6	99.6	11.7	40.6
Von dem Zichorienschrot verdaut:	201.9	194.4	9.6	165.4	1.3	8.2
Hammel XX:						
Wirklich verdaut	405.5	392.1	51.8	267.2	12.8	50.6
Ab für Grundfutter	203.8	197.2	42.5	100.1	11.7	42.9
Von dem Zichorienschrot verdaut:	201.7	194.9	9.3	167.1	1.1	7.7

Es wurden also in Prozenten der einzelnen Bestandteile von dem Zichorienschrot verdaut:

	Hammel XIX	Hammel XX	Im Mittel
	%	%	%
Trockensubstanz	97.3	97.3	97.3
Organische Substanz	98.0	98.2	98.1
Rohprotein	94.1	91.1	92.6
N-freie Extraktstoffe	93.3	94.3	93.8
Rohfett (Ätherextrakt)	86.6	73.3	80.0
Rohfaser	88.2	82.8	85.5

Vergleichen wir diese Ergebnisse mit denen des ersten Versuches, so sind zwar diejenigen Nährstoffgruppen des Zichorienschrotes, die wie Protein, Fett usw. nur in verhältnismässig sehr geringen Mengen in diesem Futterprodukt vorkommen, diesmal etwas besser ausgenutzt worden als im ersten Versuche. Dagegen trifft dies nicht zu für die stickstofffreien Extraktstoffe, welche in unserem ersten Versuch zu 96.8%, im zweiten zu 93.8% verdaut worden sind.

Berechnen wir auch auf Grund dieses Versuches den Gehalt des Zichorienschrotes an verdaulichem Eiweiss und Stärkewert bei einem durchschnittlichen Feuchtigkeitsgehalt von 15%, so finden wir zunächst unter Zugrundelegung eines Gehaltes des Zichorienschrotes an:

	Bohnnährstoffen	verdaulichen Nährstoffen
	%	%
Rohprotein	4.90	4.54
N-freie Extraktstoffe . .	85.54	80.24
Rohfett (Ätherextrakt) .	0.74	0.59
Rohfaser	4.50	3.85

für das verdauliche Eiweiss 1.6 kg und als Stärkewert 74.1 kg pro Doppelzentner.

Nach beiden Untersuchungen ist also das Zichorien-schrot als ein wertvolles und hochverdauliches Futter-mittel anzusprechen.

Anhang.

Periode I: Grundfutter + Wollsaatmehl.

Datum	Stall- temperatur °C.	Lebendgewicht kg	Kot aus dem Sammelbentel		Gesamtmenge der Tr.-S. g	Tränkwasser g
			frisch g	Tr.-S. %		

Hammel XI.

Am 13. Oktober 1915	11.6	37.5	462.7	54.31	251.3	1390
" 14. " "	11.6		393.8	54.08	213.0	900
" 15. " "	11.3		371.2	55.25	205.1	1320
" 16. " "	9.8		510.2	53.92	275.1	1110
" 17. " "	8.8		366.9	56.28	206.5	630
" 18. " "	8.5		533.3	53.61	285.9	1000
" 19. " "	8.0		372.7	55.14	205.5	950
" 20. " "	8.0		438.8	53.87	236.4	1540
" 21. " "	7.5		403.4	52.45	211.6	900
" 22. " "	7.0	38.0	497.5	53.51	266.2	1400
im Mittel:	9.2	+ 0.5	435.1	54.17	235.7	1140

Hammel XII.

Am 13. Oktober 1915	11.6	43.5	492.0	53.39	262.7	1370
" 14. " "	11.6		348.8	54.33	189.5	920
" 15. " "	11.3		500.0	54.22	271.1	1500
" 16. " "	9.8		471.2	53.58	252.5	910
" 17. " "	8.8		352.4	54.57	192.3	950
" 18. " "	8.5		530.5	54.01	286.5	1060
" 19. " "	8.0		441.5	53.07	234.3	1350
" 20. " "	8.0		490.7	53.74	263.7	1700
" 21. " "	7.5		419.7	53.15	223.1	1190
" 22. " "	7.0	42.0	490.7	52.11	255.7	1810
im Mittel:	9.2	- 1.5	453.8	53.57	243.1	1276

Periode II: Grundfutter (Wiesenheu und Wollsaatmehl) + Maniokmehl.

Datum	Stall- temperatur °C.	Lebendgewicht kg	Kot aus dem Sammelbeutel		Gesamtmenge der Tr.-S. g	Tränkwasser g
			frisch g	Tr.-S. %		

Hammel XI.

Am 31. Oktober 1915	3.1	37.5	515.7	47.39	264.4	1050
Am 1. November 1915	3.3		400.9	53.48	214.4	1070
" 2. " "	3.7		518.3	53.00	274.7	1200
" 3. " "	4.0		402.8	54.07	217.6	790
" 4. " "	4.3		684.5	52.52	359.5	1615
" 5. " "	5.0		523.7	52.72	276.1	1320
" 6. " "	5.0		519.7	52.24	271.5	1320
" 7. " "	5.5		536.3	51.67	277.1	630
" 8. " "	5.9		479.7	53.29	255.6	1600
" 9. " "	6.3	38.5	416.3	53.52	222.8	1010
im Mittel:	4.6	+ 1.0	499.8	52.39	263.4	1161

Hammel XII.

Am 31. Oktober 1915	3.1	41.0	450.2	53.44	240.6	2020
Am 1. November 1915	3.3		483.9	52.22	252.7	1735
" 2. " "	3.7		529.8	52.12	276.1	1290
" 3. " "	4.0		471.8	50.89	240.1	1740
" 4. " "	4.3		493.8	50.69	250.8	1800
" 5. " "	5.0		620.0	50.36	312.2	2450
" 6. " "	5.0		481.0	50.70	243.8	1500
" 7. " "	5.5		511.6	47.30	242.0	800
" 8. " "	5.9		543.7	51.64	280.8	1590
" 9. " "	6.3	42.0	457.5	51.65	236.3	1400
im Mittel:	4.6	+ 1.0	504.3	51.10	257.5	1633

Periode III: Grundfutter (Wiesenheu).**Hammel XI.**

Am 17. November 1915	5.0	39.0	413.7	51.10	211.4	890
" 18. " "	4.7		404.3	51.60	208.6	500
" 19. " "	4.5		432.7	51.03	220.8	1100
" 20. " "	4.8		382.3	51.01	195.0	970
" 21. " "	5.0		430.7	51.60	222.2	410
" 22. " "	4.7		318.2	53.14	169.1	690
" 23. " "	4.0		371.4	53.02	196.9	1080
" 24. " "	4.0		447.2	52.95	236.8	1000
" 25. " "	3.7		387.7	50.99	207.7	700
" 26. " "	3.7	38.5	403.8	53.86	217.5	785
im Mittel:	4.4	- 0.5	399.2	52.03	208.6	813

Datum	Stall- temperatur °C.	Lebendgewicht kg	Kot aus dem Sammelbeutel		Gesamtmenge der Tr.-S. g	Trinkwasser g
			frisch g	Tr.-S. %		

Hammel XII.

Am 17. November 1915	5.0	42.0	464.3	51.45	238.9	2300
" 18. " "	4.7		424.3	50.88	215.9	1520
" 19. " "	4.5		451.3	51.27	231.4	970
" 20. " "	4.8		402.3	50.06	201.4	2010
" 21. " "	5.0		391.7	51.77	202.8	1600
" 22. " "	4.7		431.7	52.07	224.8	1200
" 23. " "	4.0		412.5	52.34	215.9	1470
" 24. " "	4.0		450.6	52.80	237.9	1330
" 25. " "	3.7		425.3	52.86	224.8	1290
" 26. " "	3.7	41.5	372.2	52.98	197.2	990
im Mittel:	4.4	— 0.5	422.6	51.85	219.1	1468

Periode IV: Grundfutter + Ackersenfkuchen.

Hammel XI.

Am 10. Dezember 1915	4.0	39.5	530.7	53.06	281.6	1915
" 11. " "	4.6		427.0	53.96	230.4	1290
" 12. " "	4.9		531.1	52.59	279.3	1240
" 13. " "	4.5		478.0	53.52	255.8	1320
" 14. " "	5.7		531.2	52.75	280.2	1085
" 15. " "	5.9		391.5	53.56	209.7	1150
" 16. " "	5.4		497.7	55.73	277.4	1100
" 17. " "	5.0		454.5	52.87	240.3	1300
" 18. " "	5.1		475.1	52.96	251.6	1470
" 19. " "	5.3	40.0	480.0	51.52	247.3	1390
im Mittel:	5.0	+ 0.5	479.7	53.25	255.4	1326

Hammel XII.

Am 10. Dezember 1915	4.0	41.5	574.5	52.13	299.5	2650
" 11. " "	4.6		492.0	53.05	261.0	2500
" 12. " "	4.9		613.8	52.79	324.0	2130
" 13. " "	4.5		482.0	52.10	251.1	2380
" 14. " "	5.7		483.1	52.66	254.4	1510
" 15. " "	5.9		483.7	52.49	253.9	2100
" 16. " "	5.4		577.2	51.25	295.8	1940
" 17. " "	5.0		574.8	48.52	278.9	2420
" 18. " "	5.1		475.3	51.44	244.5	2060
" 19. " "	5.3	41.5	531.5	51.40	273.2	2270
im Mittel:	5.0	± 0.0	528.8	51.78	273.6	2196

Periode V: Grundfutter + Spargelschrot.

Datum	Stall- temperatur °C.	Lebendgewicht kg	Kot aus dem Sammelbeutel		Gesamtmenge der Tr.-S. g	Tränkwasser g
			frisch g	Tr.-S. %		

Hammel XI.

Am 29. Dezember 1915	4.6	39.5	434.7	52.38	227.7	1400
" 30. " "	4.4		422.0	53.18	224.4	1290
" 31. " "	4.3		450.8	51.81	233.3	800
Am 1. Januar 1916	4.9		389.2	53.06	206.5	1210
" 2. " "	6.6		430.4	52.02	223.9	1150
" 3. " "	6.5		434.0	54.63	237.1	2050
" 4. " "	6.1		448.7	52.22	234.3	1140
" 5. " "	6.0		392.0	52.45	205.6	1130
" 6. " "	6.0		469.5	52.61	247.0	1015
" 7. " "	6.0	40.5	419.5	52.49	220.2	1350
im Mittel:	5.5	+ 1.0	429.0	52.69	226.0	1254

Hammel XII.

Am 29. Dezember 1915	4.6	40.5	433.8	52.67	228.5	2060
" 30. " "	4.4		512.3	52.39	268.4	2210
" 31. " "	4.3		399.7	54.57	218.1	1750
Am 1. Januar 1916	4.9		523.8	52.60	275.5	1690
" 2. " "	6.6		414.8	53.04	220.0	1900
" 3. " "	6.5		426.0	52.30	222.8	2550
" 4. " "	6.1		450.8	52.86	238.3	2200
" 5. " "	6.0		439.6	52.73	231.8	2100
" 6. " "	6.0		504.5	53.40	269.4	1600
" 7. " "	6.0	42.0	468.5	53.87	252.4	2050
im Mittel:	5.5	+ 1.5	457.4	53.04	242.5	2011

Periode VI: Grundfutter + Zichorienschrot I.

Hammel XI.

Am 17. Januar 1916	6.1	41.0	394.2	48.81	192.4	880
" 18. " "	6.0		401.1	48.69	195.3	900
" 19. " "	6.4		365.2	49.97	182.5	1150
" 20. " "	6.1		409.3	48.99	200.5	1250
" 21. " "	5.6		388.2	48.48	188.2	1020
" 22. " "	5.6		370.6	48.97	178.7	1050
" 23. " "	5.5		419.8	47.09	197.7	1000
" 24. " "	5.1		385.6	47.33	182.5	1170
" 25. " "	5.0		399.3	47.36	189.1	960
" 26. " "	5.1	41.5	427.8	47.43	202.9	880
im Mittel:	5.7	+ 0.5	396.1	48.31	191.0	1026

Datum	Stall- temperatur °C.	Lebendgewicht kg	Kot aus dem Sammelbeutel		Gesamtmenge der Tr.-S. g	Tränkwasser g
			frisch g	Tr.-S. %		

Hammel XII.

Am 17. Januar 1916	6.1	41.5	467.0	48.63	227.1	2400
" 18. " "	6.0		444.0	49.03	217.7	2310
" 19. " "	6.4		435.4	48.37	210.6	2700
" 20. " "	6.1		406.6	49.48	201.2	2500
" 21. " "	5.6		429.0	48.53	208.2	2390
" 22. " "	5.6		398.0	47.70	189.8	3100
" 23. " "	5.5		413.2	47.99	198.3	2080
" 24. " "	5.1		427.5	48.40	206.9	3920
" 25. " "	5.0		420.3	47.18	198.3	3220
" 26. " "	5.1	42.5	400.8	47.35	189.8	2890
im Mittel:	5.7	+ 1.0	424.2	48.27	204.8	2751

Periode VII: Grundfutter (Wiesenheu, Sesamkuchen und Melasse-schnitzel).

Hammel XIX.

Am 12. Januar 1916	5.1	36.0	423.0	49.93	211.2	1470
" 13. " "	5.2		395.7	51.83	205.1	1680
" 14. " "	5.7		415.5	51.74	215.0	1590
" 15. " "	6.2		388.2	50.64	196.6	1470
" 16. " "	6.7		367.9	51.78	190.5	1900
" 17. " "	6.9		376.4	49.73	187.2	1350
" 18. " "	6.2		405.0	50.52	204.6	1390
" 19. " "	6.3		466.4	48.16	224.0	1800
" 20. " "	6.3		390.6	47.08	183.9	1670
" 21. " "	6.0	35.5	388.2	46.75	181.5	1480
im Mittel:	6.1	- 0.5	401.7	49.82	200.0	1580

Hammel XX.

Am 12. Januar 1916	5.1	40.0	424.3	45.46	192.9	1650
" 13. " "	5.2		481.6	43.77	210.8	2000
" 14. " "	5.7		550.2	41.31	227.3	1780
" 15. " "	6.2		482.9	37.63	181.7	1700
" 16. " "	6.7		475.4	38.01	180.7	1850
" 17. " "	6.9		509.1	35.59	181.2	1580
" 18. " "	6.2		548.0	33.92	185.9	1700
" 19. " "	6.3		582.4	33.53	195.3	1650
" 20. " "	6.3		463.8	33.59	155.8	1700
" 21. " "	6.0	40.0	539.6	35.67	192.5	1850
im Mittel:	6.1	± 0.0	505.7	37.85	190.4	1746

Periode VIII: Grundfutter + Zichorienschrot.

Datum	Stall- temperatur °C.	Lebendgewicht kg	Kot aus dem Sammelbeutel		Gesamtmenge der Tr.-S. g	Tränkwasser g
			frisch g	Tr.-S. %		

Hammel XIX.

Am 2. April 1916	9.3	33.0	238.5	51.36	122.5	500
" 3. " "	10.1		232.0	52.20	121.1	700
" 4. " "	11.9		162.4	53.20	86.4	685
" 5. " "	12.5		244.6	52.21	127.7	500
" 6. " "	11.3		129.7	54.66	70.9	450
" 7. " "	10.6		216.0	53.47	115.5	350
" 8. " "	10.5		186.2	54.46	101.4	520
" 9. " "	10.1		168.9	54.76	92.5	350
" 10. " "	9.1		204.6	54.40	111.3	375
" 11. " "	8.3	32.5	195.0	53.44	104.2	485
im Mittel:	10.4	— 0.5	197.8	53.42	105.4	492

Hammel XX.

Am 2. April 1916	9.3	34.5	183.8	51.80	95.2	950
" 3. " "	10.1		167.2	51.38	85.9	360
" 4. " "	11.9		219.9	51.80	113.9	490
" 5. " "	12.5		164.2	53.47	87.8	675
" 6. " "	11.3		210.6	49.86	105.0	890
" 7. " "	10.6		204.6	50.64	103.6	290
" 8. " "	10.5		212.3	52.33	111.1	600
" 9. " "	10.1		195.0	50.05	97.6	480
" 10. " "	9.1		177.6	52.31	92.9	505
" 11. " "	8.3	34.0	234.4	48.98	114.8	515
im Mittel:	10.4	— 0.5	197.0	51.26	100.8	576

Bemerkungen zu „Kritische Beiträge zur Entstehung der Mediterran-Roterde“ von Herrn Dr. E. BLANCK.

Von

Prof. Graf zu LEININGEN, Wien.

Da es mit Rücksicht auf den Raum unmöglich ist, hier ausführlich auf die genannte Arbeit einzugehen, sei mir gestattet, einige ganz kurze Bemerkungen zu den einzelnen Punkten zu bringen.

Zu S. 254, 264, 286, 297. Wenn GALLIERI¹⁾ richtig beobachtet hat, kommt in Süditalien Roterde als äolische Bildung auf verschiedenen Gesteinen, nicht allein auf Kalk vor.

Zu S. 258/9. Neuerdings wurde die Gegenwart vulkanischer Stoffe in meinen Roterden bzw. dazugehörigen Bildungen festgestellt.

Zu S. 276 und 282. Ich habe mich lediglich bemüht, die Rückstandstheorie all denen ausführlich darzulegen, welche die Literatur, nicht aber die Mittelmeergegenden selbst kennen; die Ableitung der Theorie machte mir keine Mühe, da sie aus dem Augenschein hervorging; dies gilt auch für die Lösung des Eisens im Kalkgestein (S. 302).

Zu S. 287. Auch im Schneeberggebiet bei Wien tritt echte Roterde auf, in den nördlichen Kalkalpen findet man sonst rote Tone, die sekundär in Braunerde übergehen.

Zu S. 290, 301. Die Roterdebildung schrieb ich früher (1910) allerdings dem ariden Gebiete zu, da ich damals noch RAMANNS Bodenkunde, II. Auflage (1905) meinen Anschauungen in dieser Beziehung zugrunde legte und die III. Auflage erst 1911 erschien.

¹⁾ Boll. della Soc. di Naturalisti in Napoli Anno XXVII, Serie III, Vol. XXVI.

Zu S. 305. Dass in der Terra rossa vielfach fossile Bildungen vorliegen, deren Abstammung mit dem darunter lagernden Gestein gar nichts zu tun hat, steht ausser allem Zweifel, wird aber immer wieder übersehen.

Zu S. 308. Ob im Karst heute noch ungesättigte Humuslösungen auftreten, halte ich für äusserst fraglich, Anzeichen hierfür habe ich nie beobachtet.

Zu S. 308 und ff. Die „geologischen Diffusionen“, welche die Anreicherung des Eisens tatsächlich erklären könnten, sind heute wohl kaum mehr von grösserer Bedeutung; die ganze Karsthydrographie und der Augenschein spricht dagegen. Diese Theorie könnte m. E. doch wohl nur für die Lagen des Karstes gelten, welche dauernd feuchter sind und für die Vorzeit, da der Karst noch weniger zerklüftet und mehr bewaldet war.

Die Konkretionen halte ich nach dem Vorgange von K. BODEN¹⁾ jetzt selbst für metasomatische Bildungen; sie sind aber nicht „letzte Kalkbruchstücke“, sondern entstanden im anstehenden Gesteine selbst (Cigale usw.)

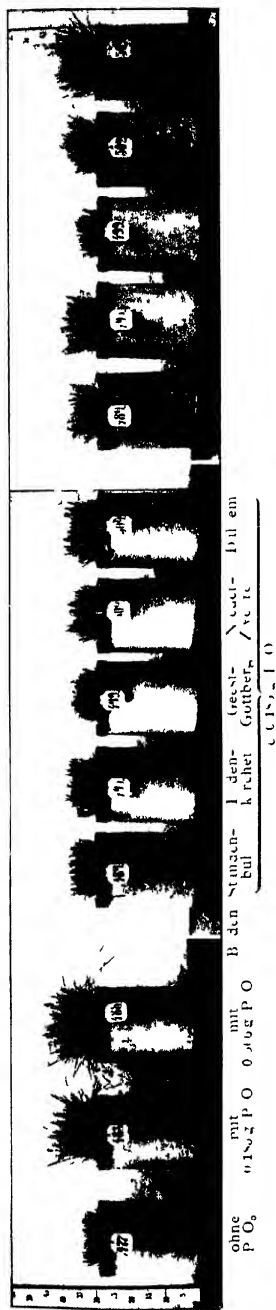
Damit schliesse ich meinerseits die Diskussion. Näheres über die meisten Punkte habe ich in den „Mitt. der geolog. Gesellschaft Wien, III., IV., 1915“ dargelegt, ferner werde ich hierauf noch in den „Internat. Mitt. f. Bodenkunde“ zurückkommen. —

¹⁾ Zeitschr. d. D. Geol. Ges. Bd. 67, Jahrg. 1915, Abh. Heft 2, S. 85—105.

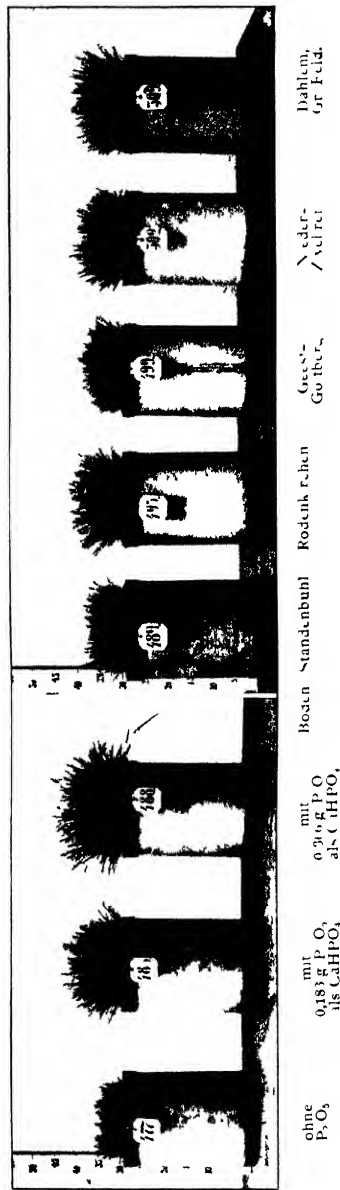
Vegetationsversuch 1914 I. und II. Ernte.

I Ernte

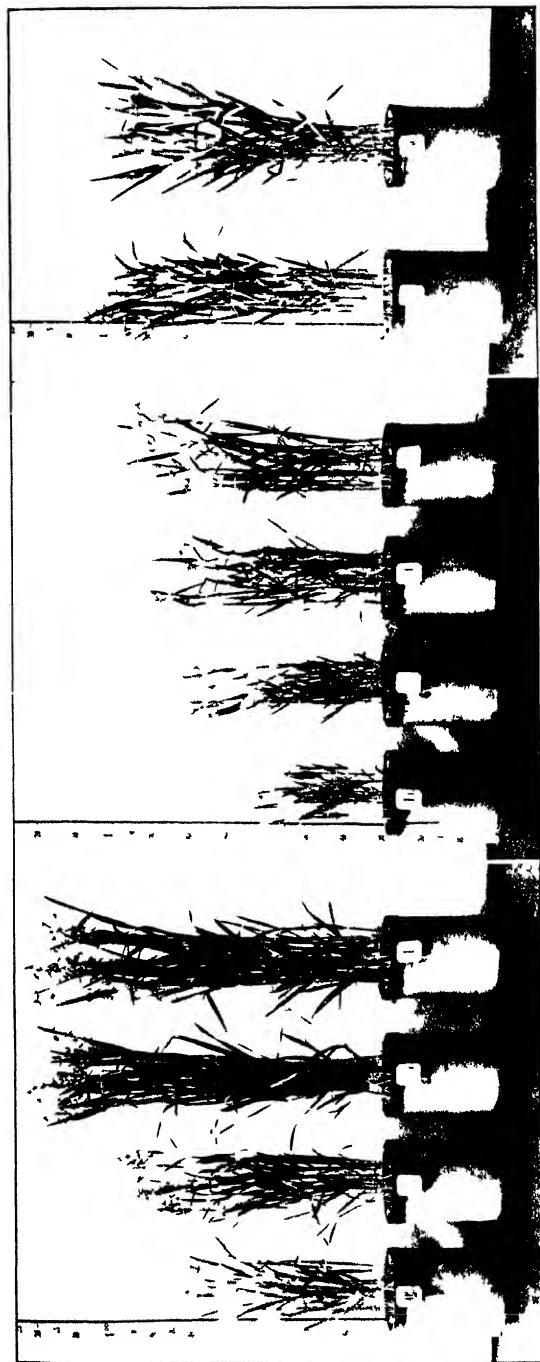
II Ernte.

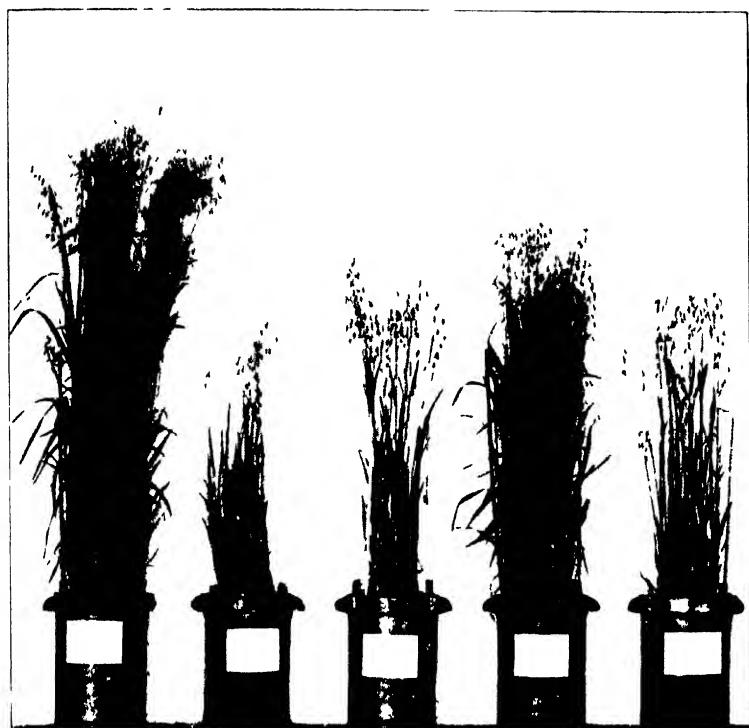


Vegetationsversuch 1915 I. Ernte (Nachwirkung von 1914).



Vegetationsversuch 1914 mit unvermischten Böden.





Vollendung

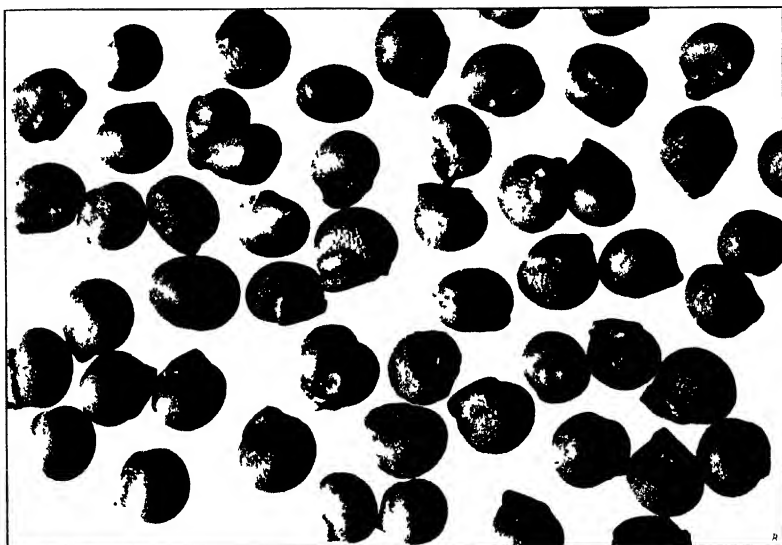
Ohne P_2O_5

Knochenmehl
Salpeter.

Knochenmehl
Ammonsulfat

Knochenmehl,
Ammonsulfat
+ $CaCO_3$

Die Löslichkeit verschiedener Phosphate und
deren Ausnutzung durch Hafer und Buchweizen.



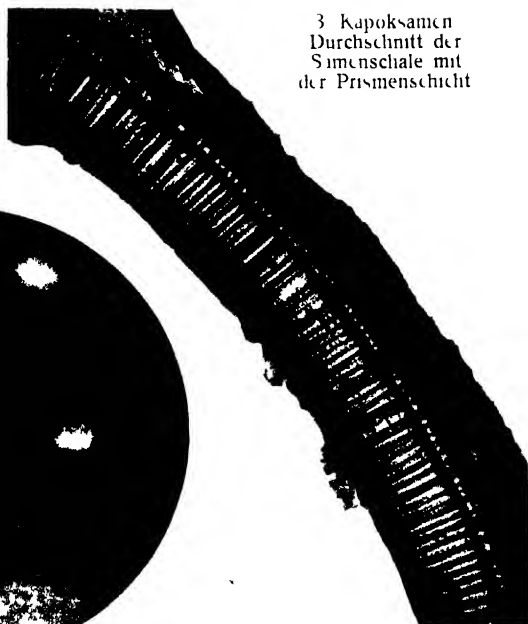
1 Kapoksaamen

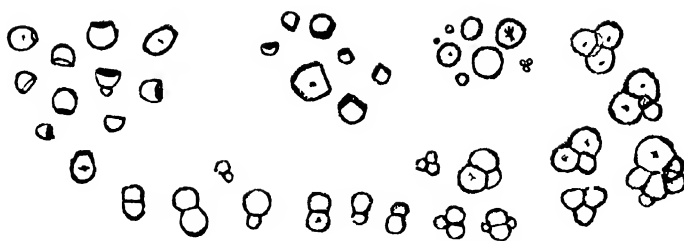
2 Kapoksaamen
Epidermis mit
charakteristischen
Drüsen
Vergr. 951



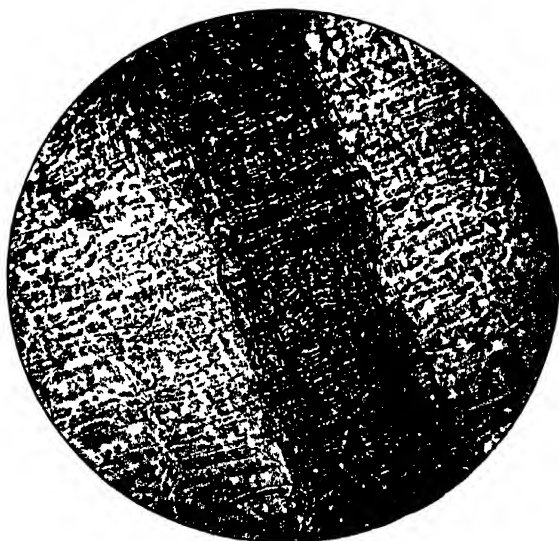
2

3 Kapoksaamen
Durchschnitt der
Simenschale mit
der Prismenschicht

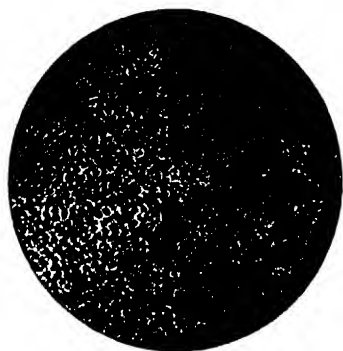




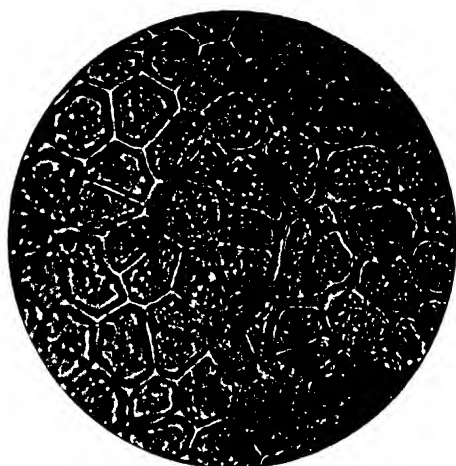
1 Manioka Stärke Körner



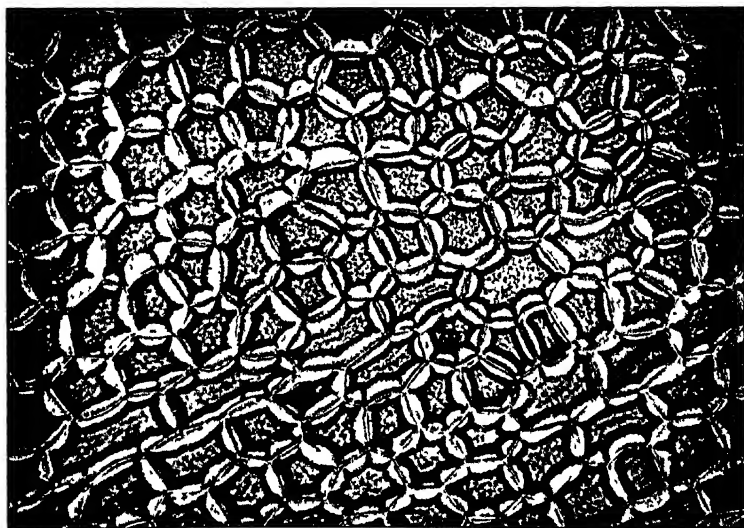
2 Manioka Zellgewebe der Wurzel mit Treppengefäßen
Vergr. 125/1



1 Ackersenf Samenschale in
Flächenansicht Vergr. 125 1



2 Ackersenf Endospermschicht des Samens
Vergr. 300 1



Spargel Zellschicht der Fruchtwand. Vergr. 180 1.



1 Zichorienwurzelstücke



2 Zichoric. Wurzelgefäße. Vergr. 125 1



Reinhold Heinrich †

Die landwirtschaftlichen **Versuchs-Stationen.**

Organ für
naturwissenschaftliche Forschungen
auf dem Gebiete der Landwirtschaft.

Unter Mitwirkung
sämtlicher Deutschen Versuchs-Stationen
herausgegeben von

Prof. Dr. G. Fingerling,
Vorstand der Königl. landwirtschaftlichen Versuchsstation Möckern.

„Concordia parvae res crescunt . . .“



Band XC.

Mit 8 Tafeln, 17 Textabbildungen und einem Bildnis.

BERLIN
VERLAGSBUCHHANDLUNG PAUL PAREY
Verlag für Landwirtschaft, Gartenbau und Forstwesen
SW. 11, Hedemannstraße 10 u. 11
1917.

Inhalt

des

XC. Bandes der „Landwirtschaftlichen Versuchs-Stationen“.

Autoren.

Seite

Baragiola, W. J. Dr.: s. Mitteilungen aus der Chemischen Abteilung der Schweizerischen Versuchsanstalt für Obst-, Wein- und Gartenbau in Wädenswil.	
Blanck, E.: s. Mitteilungen der landw. Versuchsstation Rostock i. M.	
Ehrenberg, P. und O. Nolte-Göttingen: Der Einfluss von der Pflanze aufgenommenen Manganmengen auf ihre Zusammensetzung. . . .	139
Górski, M. Dr. und M. Stefanów: Die Anwendbarkeit der Wahrscheinlichkeitsrechnung bei Feldversuchen	225
Hals, S.: s. Mitteilung der staatlichen chemischen Kontrollstation und Samenkontrollanstalt in Kristiania.	
Heggenhougen, S.: s. Mitteilung der staatlichen chemischen Kontrollstation und Samenkontrollstation in Kristiania.	
Heinrich, M.: s. Mitteilungen der landw. Versuchsstation Rostock i. M.	
Honcamp, F.: s. Mitteilungen der landw. Versuchsstation Rostock i. M.	
— — REINHOLD HEINRICH †. (Mit einem Bildnis)	443
Kappen, H. Dr.: s. Mitteilung aus dem agrik.-chem. Institut der Universität Jena.	
Lederle, P.: s. Mitteilungen der Gr. Landw. Versuchsanstalt Augustenberg.	
Lucks, R.: s. Mitteilung aus der Landw. Versuchsstation zu Danzig.	
Mach, F.: s. Mitteilungen der Gr. Landw. Versuchsanstalt Augustenberg.	
Mitscherlich, E. A.: Eine Richtigstellung zu der Abhandlung von R. LEIDNER-Berlin „Über Feldversuche und Ausgleichsrechnung“ . . .	1
— — Betrachtungen über die chemische Bodenanalyse. (Mit einer Textabbildung)	375
Mitteilung aus dem agrik.-chem. Institut der Universität Jena.	
Über Wasserstoffionenkonzentrationen in Auszügen von Moorbüden und von moor- und rothumusbildenden Pflanzen. Von Privatdozent Dr. H. KAPPEN (Ref.) und Laboratoriumsvorstand M. ZAPPE	321
Mitteilungen aus der Chemischen Abteilung der Schweizerischen Versuchsanstalt für Obst-, Wein- und Gartenbau in Wädenswil.	
Die Bestimmung des Ammoniums im Boden und in der Gülle (Jauche). Von Dr. W. J. BARAGIOLA und Dr. O. SCHUPPLI. (Mit 1 Textabbildung)	123
Mitteilung aus der Landw. Versuchsstation zu Danzig.	
Butyrospermum Parkii, Illipe latifolia und I. malabrorum. Ein Beitrag zur Unterscheidung der Pressrückstände dieser Samen. Von R. LUCKS, Botan. Assistent. (Hierzu Tafel I—III und 11 Textabbildungen)	241

Mitteilungen der Gr. Landw. Versuchsanstalt Angustenberg.

- Die Verwendung von Titantrichlorid in der analytischen Praxis.
 Von F. MACH und P. LEDERLE. (Mit 2 Textabbildungen) . . . 191
- Über ein Verfahren zur Unterscheidung von aufgeschlossenem Stroh
 und Rohstroh zur Bestimmung der verdaulichen Rohfaser. Von
 F. MACH und P. LEDERLE. (Mit 1 Textabbildung) . . . 269

Mitteilungen der landw. Versuchsstation Rostock i. M.

- Ein Beitrag zur Frage der Zusammensetzung der Sapropelle und ihrer
 Untersuchung als Futtermittel sowie ihre Düngewirkung. Von
 E. BLANCK . . . 5
- Beiträge zum bakteriologisch-chemischen Umsatz der Milcheiweiß-
 stoffe, insbesondere Galalith, im Boden. Von E. BLANCK . . . 17
- Der Phonolith ein Stickstoffdünger? Von E. BLANCK . . . 33
- Versuche zur Verbesserung dumpfigen Getreides. II. Mitteilung.
 Von M. HEINRICH . . . 49
- Der Einfluss der Lagerbedingungen auf frisches Getreide (Roggen).
 Von M. HEINRICH . . . 68
- Über die Zusammensetzung und Verdaulichkeit von Laubreith (*Arundo
 phragmites*) und Hing oder Kattig (*Scirpus maritimus*). Von F.
 HONCAMP und E. BLANCK . . . 113
- Über die Verluste beim Einsäuern von Rübenkraut. Von F. HONCAMP 431

**Mitteilung der staatlichen chemischen Kontrollstation und Samen-
kontrollanstalt in Kristiania.**

- Über die polarimetrische Stärkebestimmung in Körnern und
 Müllereierzeugnissen. Von SIGMUND HALS (Ref.) und SVERRE
 HEGGENHOUEN . . . 391

- Münter, F.:** Über Sorption und Nitrifikation von Ammonverbindungen
 bei Gegenwart von Zeolithen im Boden, sowie über Ammoniakbe-
 stimmungen im Boden und über zeolithartige Substanzen . . . 147

Nolte, O.: s. EHRENBURG.

- Pfeiffer, Th. und W. Simmermacher:** Über den Einfluss des Stand-
 raumes bzw. verschiedener Bodenarten auf die Wurzelmasse der
 Pflanzen . . . 291
- — — Über die Wirkung des Dicyandiamids auf das Pflanzen-
 wachstum. (Mit einer Textabbildung) . . . 415

Schuppli, Dr. O.: s. Mitteilungen aus der Chemischen Abteilung der
 Schweizerischen Versuchsanstalt für Obst-, Wein- und Gartenbau in
 Wädenswil.

Simmermacher, W.: s. PFEIFFER.

Stefaniów, M.: s. GÓRSKI.

- Strell, M. Dr., München:** Neue Wege für die Verwertbarkeit von Ab-
 wasserklärschlamm als Düngemittel . . . 257

Zapfe, M.: s. Mitteilung aus dem agrik.-chem. Institut der Universität
 Jena.

Sachregister.

Allgemeines.

REINHOLD HEINRICH † S. 443.

Boden.

Seite

Beiträge zum bakteriologisch-chemischen Umsatz der Milcheiweissstoffe, insbesondere Galalith, im Boden. Von E. Blanck	17
Die Bestimmung des Ammoniums im Boden und in der Gülle (Jauche). Von Dr. W. J. Baragiola und Dr. O. Schuppli . (Mit 1 Textabb.).	123
Über Sorption und Nitrifikation von Ammonverbindungen bei Gegenwart von Zeolithen im Boden, sowie über Ammoniakbestimmungen im Boden und über zeolithartige Substanzen. Von F. Münter . . .	147
Über Wasserstoffionenkonzentrationen in Auszügen von Moorböden und von moor- und rohhumusbildenden Pflanzen. Von Privatdozent Dr. H. Kappen (Ref.) und Laboratoriumsvorstand M. Zapfe . . .	321
Betrachtungen über die chemische Bodenanalyse. Von E. A. Mitscherlich-Königsberg i. Pr. (Mit einer Textabbildung.).	375

Pflanzenwachstum. Pflanzenbestandteile.

Eine Richtigstellung zu der Abhandlung von R. LEIDNER -Berlin „Über Feldversuche und Ausgleichsrechnung“ von Eilh. Alfred Mitscherlich-Königsberg i. Pr.	1
Der Phonolith ein Stickstoffdünger? Von E. Blanck	33
Der Einfluss von der Pflanze aufgenommener Manganmengen auf ihre Zusammensetzung. Von P. Ehrenberg und O. Nolte-Göttingen .	139
Die Anwendbarkeit der Wahrscheinlichkeitsrechnung bei Feldversuchen. Von Dr. M. Górski und M. Stefaniów	225
Neue Wege für die Verwertbarkeit von Abwasserklärschlamm als Düngemittel. Von Dr. M. Strell-München	257
Über den Einfluss des Standraumes bzw. verschiedener Bodenarten auf die Wurzelmasse der Pflanzen. Von Th. Pfeiffer und W. Simmermacher	291
Über die Wirkung des Dicyandiamids auf das Pflanzenwachstum. Von Th. Pfeiffer und W. Simmermacher . (Mit 1 Textabbildung) . .	415

Tierernährung. Futtermittel.

Ein Beitrag zur Frage der Zusammensetzung der Sapropelle und ihrer Untersuchung als Futtermittel, sowie ihre Düngewirkung. Von E. Blanck	5
Versuche zur Verbesserung dumpfigen Getreides. II. Mitteilung. Von M. Heinrich	49
Der Einfluss der Lagerbedingungen auf frisches Getreide (Roggen). Von M. Heinrich	68
Über die Zusammensetzung und Verdaulichkeit von Laubreith (<i>Arundo phragmites</i>) und Hing oder Kattig (<i>Scirpus maritimus</i>). Von F. Honcamp und E. Blanck	113
<i>Butyrospermum Parkii</i> , <i>Illipe latifolia</i> und <i>I. malabrorum</i> . Ein Beitrag zur Unterscheidung der Pressrückstände dieser Samen. Von R. Lucks , Botan. Assistent. (Hierzu Tafel I—III und 11 Textabbildungen) .	241
Über ein Verfahren zur Unterscheidung von aufgeschlossenem Stroh und Rohstroh zur Bestimmung der verdaulichen Rohfaser. Von F. Mach und P. Lederle . (Mit 1 Textabbildung)	269
Über die polarimetrische Bestimmung in Körnern und Müllereierzeugnissen. Von S. Hals (Ref.) und Sverre Heggenhougen	391
Über die Verluste beim Einsäuern von Rübenkraut. Von F. Honcamp	431

— — — — —

Verschiedenes.

Die Verwendung von Titantrichlorid in der analytischen Praxis. Von F. Mach und P. Lederle . (Mit 2 Textabbildungen).	191
--	-----

—————

Eine Richtigstellung¹⁾
zu der Abhandlung von R. LEIDNER-Berlin
„Über Feldversuche und Ausgleichsrechnung“

VON

EILH. ALFRED MITSCHERLICH-Königsberg i. Pr.

R. LEIDNER hat in obiger Abhandlung²⁾ Massenanbauversuche nach meinem Ausgleichungsverfahren,³⁾ welches den Zweck hat, den systematischen Fehler, welcher durch die Ungleichheit des Bodens des Versuchsfeldes bedingt wird, auszuschalten, verarbeitet, und kam hierbei zu den folgenden Ergebnissen:

(Siehe die Tabelle auf S. 2.)

Diese Ergebnisse, an deren Richtigkeit nicht zu zweifeln ist, bespricht LEIDNER wie folgt:

„Aus diesen beiden Zahlenreihen geht hervor, dass durch die Anwendung des Ausgleichsverfahrens die wahrscheinlichen Schwankungen der arithmetischen Mittel bis auf praktisch bedeutungslose Bruchteile verkleinert wurden, während die Mittelwerte selbst fast unverändert aus der Rechnung hervorgegangen sind“

und weiter:

„Vergleicht man hierzu die ungeheuere Rechenarbeit, welche in vorliegendem Falle für die Durchführung des Ausgleichsverfahrens nötig war, so ist das leider ein recht unbefriedigendes

¹⁾ Da die vorliegende Richtigstellung bedauerlicher Weise nicht in den Landw. Jahrbüchern, in welchen die anderen Abhandlungen erschienen, aufgenommen wurde, erscheint sie in dieser Zeitschrift.

²⁾ Landw. Jahrbücher 1916, Bd. IL, S. 106 u. f., speziell S. 129 und 130.

³⁾ Landw. Jahrbücher 1912, Bd. XLVII, S. 415—421.

Verrechnung des Versuches.

Sorten Nummer	a) ohne	b) mit	Sorten Nummer	a) ohne	b) mit
	Ausgleichsverfahren			Ausgleichsverfahren	
1	83.2 ± 4.99	83.4 ± 0.38	19	64.3 ± 3.90	64.3 ± 0.23
2	79.9 ± 5.92	79.7 ± 0.36	20	63.3 ± 4.76	63.1 ± 0.24
3	80.9 ± 7.11	80.9 ± 0.61	21	63.8 ± 5.60	63.3 ± 0.32
4	74.8 ± 4.46	74.8 ± 0.27	22	62.9 ± 4.51	62.8 ± 0.24
5	76.3 ± 5.62	76.2 ± 0.35	23	63.1 ± 6.43	62.7 ± 0.50
6	78.7 ± 7.14	78.1 ± 0.46	24	62.9 ± 6.02	62.4 ± 0.36
7	79.2 ± 7.68	78.9 ± 0.62	25	60.9 ± 2.52	61.3 ± 0.25
8	79.2 ± 8.13	79.1 ± 0.74	26	60.6 ± 5.26	60.3 ± 0.32
9	76.0 ± 7.06	75.8 ± 0.57	27	59.0 ± 4.85	58.8 ± 0.28
10	73.5 ± 5.74	73.4 ± 0.41	28	58.5 ± 3.18	58.6 ± 0.19
11	71.7 ± 5.83	71.5 ± 0.41	29	57.7 ± 3.11	57.9 ± 0.24
12	71.3 ± 5.72	71.0 ± 0.34	30	55.8 ± 2.30	56.2 ± 0.24
13	67.8 ± 2.19	68.5 ± 0.36	31	54.8 ± 2.04	55.2 ± 0.27
14	69.9 ± 5.27	69.6 ± 0.29	32	53.6 ± 2.34	53.7 ± 0.17
15	68.0 ± 4.06	68.3 ± 0.36	33	53.2 ± 2.99	53.3 ± 0.21
16	66.2 ± 4.87	66.0 ± 0.30	34	49.0 ± 1.87	49.4 ± 0.21
17	65.1 ± 3.38	65.5 ± 0.36	35	46.5 ± 2.11	46.8 ± 0.27
18	64.2 ± 2.93	64.6 ± 0.32			

Ergebnis. Das MITSCHERLICHSCHE Ausgleichsverfahren hat also bei vorliegendem Versuche in keiner Weise die aus der bildlichen Darstellung¹⁾ deutlich ersichtlichen Bodenungleichheiten der a-, b-Parzellen des fraglichen Versuches zu fassen vermocht, sondern gänzlich versagt, weil es in seiner Wirkung vollkommen beeinflusst wird von der mehr oder weniger grossen Zahl von Sorten, welche in einem Versuch eingestellt waren.“

Statt dieses letzten Abschnittes muss es heissen:

„Dass die Mittelwerte sich nicht wesentlich ändern würden, stand zu erwarten; wir wollen ja auch Versuchsergebnisse nicht errechnen! Dass die wahrscheinlichen Schwankungen aber bei Anwendung des Ausgleichsverfahrens so auffallend gering wurden, ist ein schlagender Beweis dafür, wie gut der systematische Fehler, welcher durch die Bodenungleichheiten der a-, b-Parzellen bedingt war, durch das Verfahren ausgeschaltet werden kann. Erst nach Anwendung dieses Verfahrens erkennt man, dass die

¹⁾ l. c. S. 112.

vorhandenen Sortenunterschiede in den Erträgen derart gross sind, dass man diese Sorten zu klassifizieren oder einzureihen vermag.

Das MITSCHERLICHsche Ausgleichsverfahren hat sich also trotz der grossen Zahl von Sorten hier ganz ausserordentlich gut bewährt! Um die ungeheure Rechenarbeit jedoch zu vereinfachen, empfiehlt es sich nach MITSCHERLICH¹⁾ nie mehr als 7 Sorten zu einem Vergleichsanbauversuche heranzuziehen, und somit bei einer grossen Anzahl zu vergleichender Sorten neben sechs neuen stets ein und dieselbe „Vergleichssorte anzubauen“.

Was die übrigen Einwände von LEIDNER anbelangt, so möchte ich diesbezüglich hier nur auf meinen Schlusssatz in meiner Abhandlung „Über zufällige und systematische Fehler bei Anbau- und Düngungsversuchen“²⁾ verweisen.

¹⁾ Zeitschrift für Pflanzenzüchtung 1913, Bd. 1, S. 285.

²⁾ FÜHLINGS landw. Zeitung 1916, 65. Jahrg., S. 369.

Mitteilung der landw. Versuchsstation Rostock i. M.

Ein Beitrag zur Frage der Zusammensetzung der Sapropelle und ihrer Untersuchung als Futtermittel sowie ihrer Düngewirkung.

Von

E. BLANCK.

In heutiger Zeit, in der, veranlasst durch die Knappheit der Futtermittel ein jeder nur einigermassen als brauchbar erscheinende Stoff, wenn auch nicht gerade als Futtermittel selbst, so doch als Mittel zur Streckung der Futtervorräte herangezogen wird, erscheint es zunächst kaum ungerechtfertigt, den auf dem Grunde der Seen und Teiche zur Ablagerung gelangenden Schlamm in gedachter Weise zu verwenden. In der Tat ist denn auch seit einiger Zeit von dem als Landesgeologen bekannten Forscher A. JENTSCH-Berlin¹⁾ die Aufmerksamkeit der Fachkreise auf diesen Gegenstand gelenkt worden, indem der Genannte davon ausgeht, dass neben allgemeiner Verbreitung und leichter Zugänglichkeit diesen Ablagerungen eine Zusammensetzung entspricht, die auf einen gewissen Futter- oder auch Düngewert schliessen lässt. Denn in diesen Ablagerungen sammeln sich bekanntlich die abgestorbenen Reste der Tiere und Pflanzen des Binnengewässers nicht nur an, sondern es bleibt bei ihrem Zerfall, und dieses erscheint zum Zwecke der gedachten Benutzung besonders beachtenswert, ein erheblicher Teil der organischen Substanz erhalten, weil der zersetzende Einfluss der atmosphärischen Luft durch die überlagernden Wasserschichten nicht, oder doch nur in geringem Grade, zur Geltung kommen kann. Mit anderen Worten, es handelt sich hier um

¹⁾ Mitteilungen der Deutsch. Landw.-Gesellsch. 1916, 23, S. 376.

Ablagerungen, die ihre Entstehung dem Vorgange der Fäulnis im Gegensatz zur Verwesung und Vermoderung verdanken, also Produkte liefern, die noch Stoffe in physiologisch verwertbarer Form in erheblicher Menge enthalten dürften. Bestärkt in dieser Ansicht von der Natur der Seeschlammbildungen wurde JENTSCH offenbar durch die makroskopische und mikroskopische Beschaffenheit derselben, die er mit folgenden Worten wiedergibt: „Namentlich von den einzelligen Pflanzen (Algen) und von den mikroskopisch kleinen Krebsen und sonstigen Kleinwesen, wie sie als „Plankton“ in jedem Binnensee milliardenweise schweben, ist selbst die Gestalt oft trefflich erhalten. Im Laufe der Jahrtausende hat sich der Sapropel zu Schichten von mehreren Metern Dicke angehäuft und in Einzelfällen wurde seine Mächtigkeit sogar zu 20 und mehr Meter angegeben. Die Sapropel-Lager unserer Binnenseen sind also riesige Düngerhaufen, deren Nährstoffe noch der nutzbringenden Verwendung harren.“¹⁾ Es handelt sich nach unserem Gewährsmann „um verhältnismässig stickstoffreiche Massen, die an Kohlenhydraten hauptsächlich Cellulose, daneben in kleineren Mengen auch Chitin und ölarartige Stoffe enthalten“. Die Gewinnung letzterer sieht er durch den Umstand als gescheitert an, dass sie durch Cellulose, d. h. alte Zellwände umhüllt sind und dadurch gegen chemische Angriffe geschützt werden, dennoch glaubt er, dass ein solches Hindernis die tierische Verdauung voraussichtlich überwinden würde und damit liegt für ihn die Vermutung nahe, dass besonders Schweine imstande sind, aus dem Sapropel Nahrung zu ziehen. Schliesslich sollen die seiner Mitteilung beigelegten Stickstoffanalysen der „aschenfrei gedachten organischen Substanz“ die erhebliche Anteilnahme von Rohprotein am Aufbau dieser Substanz dartun, doch ist sich der Autor auch andererseits wohl bewusst, dass der Nährwert des Saprofels durch die nie fehlenden Beimengungen von Wasser und Mineralteilen sehr vermindert wird.

Gegen die von A. JENTSCH geäusserten Ansichten wendet sich vom ernährungsphysiologischen Standpunkt mit Recht B. TACKE,²⁾ indem er die dem Sapropel oder Faulschlamm unter den Torfbildungen — denn er, wie die Bremer Moorkulturanstalt

¹⁾ Mitteilungen der Deutsch. Landw.-Gesellsch. 1916, 23, S. 376.

²⁾ B. TACKE, ebenda 25, S. 423.

rechnen dieselben zu diesen — von JENTSCH im Anschluss an H. PORONÉ eingeräumte Sonderstellung namentlich bezügl. des hohen Gehaltes an Fetten bestreitet. Nicht nur ein solch hoher Gehalt an in Äther löslichen Stoffen komme allen derartigen Bildungen zu, sondern sie seien ebenso wie bei allen anderen Torfarten weitaus überwiegend harz- und wachsartige Substanzen¹⁾ und dementsprechend für die Ernährung wenig tauglich. Auch seien die stickstoffhaltigen Körper des Seeschlammes nicht weniger leicht zersetzlich wie die anderen stickstoffreichen Torfbildungen. Nach seiner Auffassung könne daher den genannten Bildungen eine besondere ernährungsphysiologische Bedeutung nicht zukommen. „Wenn überhaupt irgend welche Aussicht bestände, sie für die tierische Ernährung benutzen zu können, würden sie viel billiger und leichter in jedem beliebigen stickstoffreichen Torf in entwässerten oder entwässerungsfähigen Moorbildungen zur Verfügung stehen als in dem schwierig aus dem Wasser zu gewinnenden überaus wasserhaltigen Schlamm.“ Die hierauf von A. JENTSCH²⁾ gemachten Gegenäusserungen beschränken sich auf den Hinweis der Nichtgleichheit der Sapropelle mit den von H. MINSEN untersuchten sog. „Muddebildungen“, dort aber, wo ihre Identität zweifellos festgestellt sei, wäre von Fütterungsversuchen mit ihnen in der Abhandlung MINSENS keine Rede. In den nochmals zur aufgeworfenen Frage von BR. TACKE³⁾ ergriffenen Worten legt dieser dar, dass die chemische Untersuchung der Mudden und Sapropelle jedenfalls keine Anhaltspunkte für ihre Verwertung als Schweinefutterstreckungsmittel geben könnten und dass ferner die mit ihnen ausgeführten Düngungsversuche ein gleichfalls unbefriedigendes Ergebnis in Hinsicht der Stickstoffwirkung gezeitigt hätten, aber auf den Gedanken, Fütterungsversuche mit Seeschlamm anzustellen, sei er nicht gekommen, da selbst das alte brave Torfschwein, die Zumutung Seeschlamm zu fressen, wahrscheinlich entrüstet zurückweisen würde. Solange demnach keine Fütterungsversuche mit Seeschlamm vorliegen, die das Gegenteil beweisen würden, liegt vor der Hand kein Grund vor, sich nicht diesem fachmännischen

¹⁾ Vergl. H. MINSEN, Landw. Jahrb. XLIV, 1913, S. 269.

²⁾ A. JENTSCH, Mitteilungen der Deutsch. Landw.-Gesellsch. 1916, 27, S. 448.

³⁾ BR. TACKE, ebenda 1916, 31, S. 520.

Urteil von kompetenter Seite anzuschliessen. Auch die uns auf Veranlassung der Deutschen Landw.-Gesellschaft übermittelten Seeschlammproben liefern auf Grund ihrer Untersuchung kein allzu ermutigendes Ergebnis, um die genannten Bildungen für den gedachten Zweck als verwertbar erscheinen zu lassen. Doch bevor wir uns diesen Untersuchungen zuwenden, erscheint es geboten, kurz auf die Natur dieser den Bodenbildungen zuzuzählenden mineroorganogenen Bildungen einzugehen, die infolge ihrer Entstehung und Zusammensetzung einen ganz besonderen Platz in der Reihe der Böden beanspruchen.

H. POTONIE¹⁾ hat sich um die in Rede stehenden Ablagerungen, namentlich hinsichtlich ihrer systematischen Stellung, besondere Verdienste erworben. Die von ihm als rezente brennbare Biolithe (Kaustobiolithe) im Gegensatz zu ähnlichen fossilen Bildungen genannten Ablagerungen, denen infolge ihrer geologischen Erscheinungsform eigentlich der Begriff eines Gesteines und nicht eines Bodens zukommt, entstehen in stagnierenden oder der Stagnation annähernd ausgesetzten Gewässern aus den im Wasser lebenden tierischen und pflanzlichen Organismen, besonders ölführenden Algen. Diesen Stoffen gesellen sich Driftbestandteile hinzu. „Im Gegensatz zu den Humusbildungen, deren wesentliche Ur-Materialien Kohlenhydrate sind, spielen in den Sapropelen die Fette eine besondere Rolle.“ Humus und Sapropel (Faulschlamm) sind daher chemisch sehr verschiedene Körper. Nach POTONIE²⁾ soll nur dann von Sapropel gesprochen werden, wenn der organogene Schlamm noch wirklich oxydierbare (brennbare) kohlenstoffhaltige Teile enthält; sind diese bereits ganz oder fast ganz oxydiert, so können zwar noch wesentlich organogene Bestandteile zurückbleiben, aber ein Sapropel ist die Bildung nicht mehr. Die Sapropelen gehen wohl in Torfbildungen über, sind aber von diesen streng zu unterscheiden. Die Fäulnis ist der besonders in stagnierenden Wässern herrschende Vorgang der Aufbereitung. Es entstehen durch denselben feste, aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff bestehende Verbindungen, die aber viel kohlenstoffärmer

¹⁾ H. POTONIE, Klassifikation und Terminologie der rezenten brennbaren Biolithe. Abhandlungen der Königl. preuss. geol. Landesanstalt Berlin 1906. Neue Folge Heft 49.

²⁾ H. POTONIE, l. c. S. 22.

sind als die durch Vermoderung und Vertorfung hervorgegangenen Produkte, die Sapropelle sind Ölteerbildungen. Es werden eine ganze Anzahl unterschieden, so Dopplerit-Sapropel mit reichlichem Zusatz von Humussäuren, Saprokoll, der ein älteres fest-gallertartig-gewordenes Sapropel darstellt, Kalk-Sapropel und Sapropel-Kalk bezw. Saprokoll, Bildungen mit reichlichem organogenen Kalk inkl. dem von Pflanzen niedergeschlagenen Kalk. Ferner Diatomeen-Sapropel, in welchem die Diatomeen ausserordentlich überwiegen und schliesslich Sapropel-Ton, Sand und Mergel, zu denen die meisten Gytija- (Schlamm-)Arten der Schweden gehören.

Auch die allerneuesten Bodenklassifikationsbestrebungen A. ATTERBERGS und S. JOHANSSONS¹⁾ auf Grund der Konsistenzverhältnisse der Böden beschäftigten sich mit der Einreihung und Gruppierung dieser Bildungen. Hier werden sie zu den Kieselguhrschwarzböden zusammengefasst und als humusreiche Faulschlamm Böden, bei denen Diatomeenreste den Hauptbestandteil bilden, beschrieben. Von den schwedischen Geologen werden Süsswasser-Gytija, die in Binnenseen gebildet werden, und Salzwasser-Gytija des Meerwassers unterschieden, letztere sind reich an Sulfaten, Schwefeleisen und Schwefel. Der Kalkgyttja wird in kalkreichen Gewässern gebildet und scheint zur Hauptsache aus Characeen entstanden zu sein. Ferner werden Detritus-Gytija und Plankton-Gytija unterschieden. Bei ihrer Trockenlegung gehen ihre Humusformen allmählich in „Mull“ über, und es entsteht die Bodenform „Swartmyllor“ (Schwarzböden).

Die uns zur Untersuchung auf ihren Futterwert übermittelten Proben Faulschlamm sind dem Warder-See in Holstein, nordöstlich von Segeberg entnommen, und zwar Probe 1 dem südlichen Ufer desselben in einer Tiefe von 150 cm, Probe 2 dem nordwestlichen Ufer in gleicher Tiefe und Probe 3 dem nördlichen Ufer in einer Tiefe von 140 cm. Was ihr Aussehen anbelangte, so stellten sie z. T. flüssige bis feuchtfeste Massen eines dunkel gefärbten Schlammes dar, der mit einer mehr oder weniger grossen Anzahl von Conchylien²⁾ vermischt war. Während

¹⁾ A. ATTERBERG und S. JOHANSSON, Intern. Mitteilung f. Bodenkunde 1916, VI, S. 38.

²⁾ Zur Hauptsache *Dreissena polymorpha*, ferner *Bytinia tentaculata*, *Valvata piscinalis*, *Limnea auricularia*.

Probe 2 nur wenige Reste von Muscheln und Schnecken aufzuweisen hatte, war bei Probe 1 der Anteil hieran schon erheblich grösser und namentlich fielen in dieser Probe eine grosse Zahl von Holzbruchstücken auf. Probe 3 bestand dagegen fast gänzlich aus Schalen von Muscheln und Schnecken.

Alle drei Proben wurden zunächst auf dem Wasserbade und dann später im Trockenschrank ihres Wassergehaltes beraubt, darauf im Mörser zerrieben und schliesslich mit der Exzelsior-Mühle fein gemahlen. Der absolute Trockensubstanzgehalt der Proben betrug für

- | | | | | |
|----|---------|---|---------|--------------|
| 1. | 28.82 % | = | 79.18 % | Feuchtigkeit |
| 2. | 50.20 " | = | 49.80 " | " |
| 3. | 35.35 " | = | 64.45 " | " |

Obgleich im vorliegenden Falle von vornherein schwerwiegende Bedenken gegen die Ausführbarkeit der Futtermittelanalyse nach der bekannten Weender-Methode auftauchten, wurde dennoch versucht, die drei genannten Faulschlammproben nach derselben zu untersuchen. Während, wie zu erwarten, bei der Bestimmung der Feuchtigkeit, des Rohproteins und des Rohfettes sich keine Schwierigkeiten einstellten, traten dieselben in erheblichem Mafse bei der Rohasche-Bestimmung auf, insofern es nicht gelingen wollte, eine nur einigermassen gesicherte Glühverlustbestimmung durchzuführen, weil einerseits der hohe Gehalt der Proben an kohlen-saurem Kalk das Austreiben der Kohlensäure schwierig gestaltete, andererseits der gegläute Ätzkalk während des Erkalstens stets eine gewisse Menge Kohlensäure wieder bindet. Wenn nun auch diese Schwierigkeiten bei Verwendung geeigneter Massregeln zu überwinden gewesen wären, so macht sich doch auf der anderen Seite die Gegenwart der organischen Substanz in den Proben unangenehm fühlbar, und es ist ja hinreichend bekannt, wie wenig dort Glühverlustbestimmungen am Platze sind, wo in Bodenproben reichliche Mengen kohlen-sauren Kalkes zugegen sind. Abgesehen von all diesen analytischen, die Genauigkeit des Ergebnisses beeinträchtigenden Mängeln wird aber der Rohaschegehalt unter vorliegenden Verhältnissen stets zu niedrig ausfallen müssen, infolge des Ausgetriebenwerdens der Kohlensäure, wodurch der Gehalt der Proben an stickstofffreien Extraktstoffen andererseits übermässig hoch erscheinen wird. Selbst der Gedanke, den Aus-

fall der Rohaschebestimmung bezw. des Glühverlustes durch die Ermittlung des Kohlensäuregehaltes korrigieren zu wollen stösst bei praktischer Durchführung bei den beiden stark kohlenensäurehaltigen Proben 1 und 3 auf unüberwindlichen Widerstand, wie man sich leicht aus dem später mitzuteilenden analytischen Material überzeugen kann, wahrscheinlich als Folge der schon oben dargelegten Gründe.

Noch wesentlich unsicherer mussten dagegen die Zahlen für die Rohfaser nach der üblichen Behandlung der Substanz mit Schwefelsäure und Lauge ausfallen, da einmal durch das Kochen mit Säure nicht nur die Kohlensäure des Kalks ausgetrieben wird, sondern sich der letztere in Gips umsetzt, wodurch die Gewichtsverhältnisse des Rückstandes wesentliche Verschiebungen erleiden, zumal da der Gips zwei Moleküle Wasser enthält. Aber auch der Angriff der Lauge auf die z. T. sehr feinen kolloiden Teilchen des Schlammes führt zu einer teilweisen Auflösung von Kieselsäure und Tonerde, so dass abermals auf das Resultat störend einwirkende Einflüsse sich geltend machen. Der ausgewaschene und getrocknete Rückstand kann daher, zumal er zur Hauptsache aus Mineralbestandteilen besteht, keinen Anspruch auf „Rohfaser“ machen, nicht einmal auf eine „sehr sandreiche“. Es lag daher der Gedanke nahe, den bis zur Konstanz getrockneten Rückstand, der ja keine störend wirkende Kohlensäure mehr enthielt, zu veraschen und somit aus dem Glühverlust den Gehalt an Rohfaser zu bestimmen. Zieht man aber in Rücksicht, dass infolge der Anwesenheit von Gips beim Glühen desselben gleichfalls durch Übergang desselben in Anhydrit Wasser ausgetrieben wird, so muss auch diese Modifikation zu Werten führen, die zu hoch ausfallen.

Die unter Berücksichtigung vorstehend genannter Schwierigkeiten ausgeführte „Futtermittelanalyse“ der Faulschlammproben nach der Weender-Methode brachte nachstehende Ergebnisse, von denen wir in der Lage sind zeigen zu können, falls die gerügten Mängel nicht vollauf befriedigen sollten, dass sie unmöglich zu Recht bestehen können.

Weender-Futtermittelanalyse der getrockneten und gemahlenen Faulschlammproben.

	Probe 1	Probe 2	Probe 3
	%	%	%
Wasser	2.08	0.59	0.89
Rohprotein	3.85	0.13	0.19
Rohasche	72.00	93.40	79.58
Rohfett	0.03	0.02	0.02
Rohfaser	20.39	1.49	18.99
N-freie Extraktstoffe.	1.65	4.37	0.33

Da sich, wie gezeigt, Bedenken gegen die Zuverlässigkeit der Werte für Rohasche einerseits und Rohfaser andererseits ergeben haben, so war in erster Linie auf die Erzielung eines brauchbaren Wertes des Gehaltes an Rohasche Bedacht zu nehmen. Da sowohl Glühverlustbestimmungen wie Elementaranalysen gepaart mit Kohlensäureanalysen keine Aussicht auf sicheren Erfolg theoretisch voraussehen liessen und auch die Chromsäuremethode zur Ermittlung der organischen Substanz unter Berücksichtigung des Kohlensäuregehaltes des Kalkes nicht ganz frei von Bedenken war, so wurde ein zwar umständlicher Weg eingeschlagen, der aber zugleich neben Zuverlässigkeit die erwünschte Kenntnis der Gesamtzusammensetzung des Schlammes brachte. Zudem wurde gleichzeitig die Ermittlung, wenn auch nicht des Wertes für „Rohfaser“, so doch für „organische Substanz“ erreicht, was in dem vorliegenden Falle wohl dasselbe besagen dürfte, da ja für „Rohprotein“ und „Rohfett“ getrennt gefundene, zuverlässige Werte schon vorlagen, die nur noch in Abzug gebracht werden brauchten. Der beschrittene, umständliche Weg war die chemische Bodenanalyse nach der gewöhnlichen Methode des heissen Salzsäureauszuges und zwar wurden zu diesem Zwecke je 5 g der getrockneten und gemahlenen Schlammproben zunächst gegläht, und sodann mit je 100 ccm Salzsäure vom spez. Gew. 1.19 $1\frac{1}{2}$ Stunden gekocht. Feuchtigkeits- und Kohlensäure-Bestimmungen erfolgten für sich; die Ermittlung der organischen Substanz ergab sich aus der Differenz der Summe aller Mineralbestandteile und dem Werte 100.

Der Gehalt der Faulschlammbildungen an den einzelnen Bestandteilen ergab sich wie folgt:

	Probe 1	Probe 2	Probe 3
	%	%	%
Unlöslich in HCl	19.40	84.74	20.92
Löslich in HCl:			
SiO ₂	0.10	0.12	0.10
Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃	1.50	1.04	1.08
CaO	35.34	5.60	39.76
CO ₂ (berechnet)	27.74	4.40	31.40
„ (gefunden)	(27.66)	(4.54)	(31.06)
MgO	0.24	0.20	0.22
P ₂ O ₅	Sp.	—	—
K ₂ O	0.14	0.08	0.18
Na ₂ O	0.24	0.08	0.28
Feuchtigkeit	2.08	0.60	0.90
Organische Substanz (aus der Differenz berechnet)	13.22	3.14	5.16

Neben dem geringen Gehalt an eigentlichen Nährstoffen fällt die unverhältnismässige Höhe des Gehaltes der Proben an Kalk auf, was natürlich seinen Grund in der beträchtlich hohen Anteilnahme der Schalen von Muscheln und Schnecken an der Zusammensetzung des Schlammes hat. Vergleicht man die Menge der organischen Substanz der einzelnen Proben mit den durch die Weender-Futtermittelanalyse ermittelten Werten für Rohfaser, N-freie Extraktstoffe usw., so ergibt sich ohne weiteres, dass diese Methode zu vollkommen irreführenden Ergebnissen geführt hat.

Unter Zugrundelegung der durch die Bodenanalyse festgestellten Mengen an organischer Substanz und an Mineralbestandteilen (= Rohasche) lässt sich dagegen in Verbindung mit den zuverlässigen Befunden der Futtermittelanalyse (Feuchtigkeit, Rohfett und Rohprotein) die nachstehend wiedergegebene Zusammensetzung der untersuchten Faulschlammproben in Hinsicht auf futterbewertende Bestandteile ermitteln. Allerdings muss dabei von einer gesonderten Feststellung der sogen. „Stickstofffreien Extraktstoffe“ Abstand genommen werden, von denen allerdings anzunehmen ist, dass sie infolge des Entstehungsvorganges der Faulschlamme als kaum vorhanden anzusehen sein dürften. Dementsprechend würde die Zusammensetzung der getrockneten Faulschlamme hinsichtlich ihrer futterbestimmenden Bestandteile folgendes Bild aufweisen, das den tatsächlichen Verhältnissen nahezu entsprechen dürfte:

	Probe 1	Probe 2	Probe 3
	%	%	%
Wasser	2.08	0.59	0.89
Rohprotein	3.85	0.13	0.19
Rohasche	84.70	96.26	93.94
Rohfett	0.03	0.02	0.02
Rohfaser (incl. N-freie Extraktstoffe)	9.34	3.00	4.96

Bei der Beurteilung des Futterwertes der Schlammproben würden aber diese Befunde nicht als massgebend angesehen werden können, obgleich auch sie schon für eine wenig empfehlenswerte Benutzung derselben für den gedachten Zweck sprechen würden, denn der zu berücksichtigende grosse Feuchtigkeitsgehalt der Proben bedingt noch eine weitgehende Herabsetzung des Gehaltes an Rohprotein und an Rohfett. Unter Zugrundelegung des ursprünglichen Feuchtigkeitsgehaltes kommt daher den drei untersuchten Faulschlammproben nachstehende Zusammensetzung zu:

	Probe 1	Probe 2	Probe 3
	%	%	%
Wasser	79.18	49.80	64.45
Rohprotein	0.82	0.07	0.07
Rohasche	18.01	48.61	33.70
Rohfett	0.006	0.01	0.007
Rohfaser (incl. N-freie Extraktstoffe)	1.99	1.52	1.78

Dies sind aber Werte, die einer Verfütterung des Faulschlammes nicht das Wort reden können, vielmehr dringend von einer Verwendung desselben in dieser Richtung abraten. Ausserdem spricht gegen die Benutzung der sehr hohe Gehalt an als Rohasche bezeichneten Bestandteilen, die sogar zum grössten Teil in der ursprünglichen Beschaffenheit der Proben als scharfkantige Muschel- und Schneckenschalen oder deren Bruchstücke vorliegen, die, wenn sie vom Tiere mitaufgenommen werden, schwere Störungen, wenn nicht sogar Verletzungen der Speiseröhre und der Magen-Darm-Wandungen hervorrufen können. Wenn sich nun diese Mängel auch wohl durch eine geeignete Vorbereitung des Schlammes beheben liessen, so fragt es sich dann wiederum, ob sich unter diesen erschwerenden Umständen eine Verwendung empfehlen dürfte? Aber auch dieses dürfte bei dem geringen Gehalt an Nährstoffen, die zumeist noch in

einer Form vorliegen, deren Futterwert zweifelhaft erscheint, zu verneinen sein.

Zum Schluss möge noch ein Wort über den Düngewert der untersuchten Proben an der Hand der Zusammensetzung der ursprünglichen Substanz, die zunächst folgen mag, gestattet sein.

	Probe 1	Probe 2	Probe 3
	%	%	%
Feuchtigkeit	79.18	49.80	64.45
Unlöslich in HCl	4.12	42.80	7.51
Löslich in HCl:			
SiO ₂	0.02	0.06	0.04
Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃	0.32	0.53	0.39
CaO	7.51	2.83	14.26
CO ₂	5.90	2.22	11.27
MgO	0.05	0.10	0.08
P ₂ O ₅	Sp.	—	—
K ₂ O	0.03	0.04	0.06
Na ₂ O	0.05	0.04	0.10
Organische Substanz	2.81	1.59	1.85
N	0.13	0.10	0.11

Auch für diesen Zweck erscheinen die Mengen an N, K₂O und P₂O₅ als zu geringfügig, nur der Gehalt an Kalk der Proben 1 und 3 erweist sich immerhin als beachtenswert, namentlich wenn man in Rücksicht zieht, dass man den Schlamm durch Liegenlassen und Trocknen leicht „konzentrierter“ machen kann, ehe man ihn für etwaige Kalkung heranzieht. Allerdings wird einer etwaigen Kalkung mit Faulschlamm auf leichteren Böden, denn nur solche dürften überhaupt in Frage kommen können, wiederum der Umstand entgegenstehen, dass der kohlensaure Kalk in den der Verwitterung schwer zugänglichen Schalen von Muscheln und Schnecken vorliegt, so dass auch hier eine vorhergehende mechanische Zerkleinerung als geboten erscheinen müsste. Unter dieser Voraussetzung würde sich der Faulschlamm am ehesten noch zur Kompostbereitung eignen und verdient er vielleicht von diesem Gesichtspunkte aus Beachtung.

Schliesslich sei noch darauf hingewiesen, dass die vorstehend untersuchten Faulschlammbildungen nach den vorliegenden Kenntnissen der Systematik dieser Bildungen zu den Kalk-Sapropelen zu rechnen sind, wenn dem nicht der faunistische Befund der Conchylien gegenüberstünde, denn dieser spricht dafür,¹⁾

¹⁾ nach gütiger Mitteilung von Herrn Geh. Rat E. GRINITZ.

namentlich durch das Vorherrschen der Dreissena polymorpha, dass es sich in den untersuchten Ablagerungen um die jüngsten, obersten Schichten der Detritus-Sedimente des Sees handelt. Diese Bildungen sind aber den eigentlichen Faulschlammbildungen noch nicht hinzuzurechnen. Bei der noch immerhin sehr unsicheren Gliederung dieser Ablagerungen sowie der Umgrenzung des Faulschlambegriffes dürfte die systematische Stellung der genannten Proben eine gewisse Gefühlssache sein, auf die hier weiter einzugehen nicht der Ort ist.

Fassen wir das Ergebnis vorstehender Untersuchungen zusammen, so ergibt sich:

1. dass die Faulschlammbildungen zur Feststellung ihres Futter- bzw. Futterstreckungswertes nicht nach den üblichen Methoden der Futtermittelanalyse untersucht werden können.

2. dass den Faulschlammbildungen auf Grund ihrer Zusammensetzung sicherlich kein Wert als Futtermittel zukommt und ihnen auch als Streckungsmittel für Schweinefutter kaum wesentliche Bedeutung beigemessen werden kann.

3. Am ehesten scheinen sich dieselben unter gewissen Voraussetzungen noch für die Kompostbereitung zu eignen.

Mitteilung der landw. Versuchsstation Rostock i. M.

Beiträge zum bakteriologisch-chemischen Umsatz der Milcheiweissstoffe, insbesondere Galalith, im Boden.

Von

E. BLANCK.

Über die Milcheiweissstoffe in Gestalt von „Galalith“ als Stickstoffdünger ist schon mehrfach berichtet worden,¹⁾ und zwar hat der Galalith nach den Untersuchungen E. HASELHOFFS in dieser Hinsicht ein weit günstigeres Ergebnis geliefert, als entsprechend der organischen Bindung seines Stickstoffes theoretisch vorauszusehen war. Namentlich hat sich nach den vorliegenden Versuchen der Galalith in seiner Wirkung nicht wesentlich verschieden von derjenigen der schnell wirksamen Stickstoffdünger Salpeter und Ammonsulfat gezeigt und vor allen Dingen merkwürdigerweise keine besonders in die Augen fallende Nachwirkung zu erzielen vermocht, wie dieses von einem organischen Stickstoffdüngemittel anzunehmen gewesen wäre. Dennoch fehlt es nicht an gewissen Andeutungen in dieser Richtung. Es erschien daher schon allein von diesem Gesichtspunkte aus geboten, den bakteriellen Umsatz des Galaliths im Boden chemisch zu verfolgen, zumal andererseits über die Zersetzung reiner Eiweissstoffe im Boden bisher nichts bekannt geworden ist.

Unsere immerhin nur spärlichen Kenntnisse über die Zersetzung von Eiweissstoffen im Boden, bzw. über den Verlauf des Abbaues des Eiweissmoleküls unter dem Einfluss bakteriellen Lebens, erstrecken sich auf diesbezügliche Untersuchungen am

¹⁾ Vergl. E. HASELHOFF, Landw. Versuchs-Stationen Bd. 84, 1914, S. 5 und E. BLANCK, Milchwirtschaftl. Zentralblatt Bd. 43, 1914, S. 281.

Fleischmehl, Blutmehl, Knochenmehl, Hornmehl und Ledermehl. Alle diese Körper erweisen sich jedoch als mehr oder weniger nicht reine Eiweisssubstanzen.

Hinsichtlich des ersteren dieser organischen Stickstoffdüngquellen liegen keine speziellen Untersuchungen über seine Zersetzung vor.¹⁾ Es lässt sich jedoch aus der kräftig düngenden Wirkung des Fleischmehles auf eine relativ schnelle Ammoniakbildung schliessen, und zwar soll dieselbe in Rohkulturen unter anaëroben Bedingungen höhere Werte als bei ungehindertem Luftzutritt erreichen. Wenn dieses für die Fleischfäulnis auch wohl in erster Linie gilt, so scheinen aber auch aërobe Organismen, wie z. B. Proteus-Arten, daran Anteil zu nehmen.²⁾

Auch bezüglich des Blutmehls stützen sich unsere Kenntnisse zumeist auf die aus Düngungsversuchen³⁾ entnommenen Analogieschlussfolgerungen, die hier abermals auf eine relativ rasche Zersetzung unter Bildung von Ammoniak zu folgern erlauben. Dagegen beobachteten F. LÖHNIS und A. E. PARR⁴⁾ direkt nur einen geringen Umsatz, für welchen Ausfall sie die Beschaffenheit des verwendeten Materials verantwortlich machen. Ihre Untersuchungen wurden nicht im Boden selbst, sondern mit Bodenextrakten ausgeführt, von welchen wir wissen, dass in ihnen die Umsetzungsprozesse ganz anders verlaufen können als im Boden selbst.⁵⁾

Das gedämpfte Knochenmehl fand J. NESSLER⁶⁾ nach zwei Monaten bis zur Hälfte umgesetzt, dagegen rohes Knochenmehl mit Sand vermischt sogar in Gegenwart von Kalk noch nach $1\frac{1}{4}$ Jahren fast gar nicht angegriffen, während C. F. A. TUXEN⁷⁾

¹⁾ Vergl. F. LÖHNIS, Handbuch der landwirtschaftlichen Bakteriologie, Berlin 1910, S. 587.

²⁾ Vergl. F. LÖHNIS, l. c. S. 576 u. 587.

³⁾ Vergl. M. POPP, Landw. Versuchs-Stationen Bd. 68, 1908, S. 253; MÜNTZ und GIRARD, Ann. agron. 17, 1891, S. 289, cfr. BIEDERMANN'S Zentralblatt 20, 1891, S. 656; A. v. SIGMOND, Landw. Versuchs-Stationen Bd. 59, 1904, S. 179.

⁴⁾ F. LÖHNIS und A. E. PARR, Zentralbl. f. Bakt. II, Bd. 17, 1906, S. 518.

⁵⁾ Vergl. O. LEMMERMAN, H. FISCHER, H. KAPPEN und E. BLANCK, Landw. Jahrbücher Bd. 38, 1909, S. 317.

⁶⁾ J. NESSLER, Agronom. Zeitung 1868, S. 87, cfr. Jahresber. Fortschritte der Agrikultur-Chemie, 11. u. 12. Jahrg., 1871, S. 362.

⁷⁾ C. F. A. TUXEN, Tiedskrift for Landökonomie 1884, cfr. WOLLNYS Forsch. auf dem Gebiete der Agrikultur-Physik Bd. 8, 1885, S. 229.

schon nach einem Monat 50 % des Knochenmehlstickstoffs in Ammoniak bzw. später in Salpeter umgewandelt erkannte. Letzterer Forscher arbeitete mit Sand- und Lehmboden während einer Zeitdauer von 14 Monaten und stellte hinsichtlich der Umsetzung des Knochenmehlstickstoffes in beiden Böden keine besonders grossen Unterschiede fest. Den Rest des nicht-umgewandelten Stickstoffes hält er für in schwer angreifbarer Form vorhanden. F. LÖHNIS und A. E. PARR¹⁾ nehmen zwar eine Beeinflussung des Knochenmehlsatzes durch Feuchtigkeit, Temperatur und Jahreszeit wahr, doch war dieser Einfluss nicht von tiefgehender Bedeutung. Dagegen erwies sich verstärkte Lüftung auf den Umsatz fördernd, durch welchen Umstand ihnen die gute Wirkung des Knochenmehles besonders auf Sandböden erklärlich scheint. Bei ihren Versuchen waren innerhalb von 3 Wochen 23—33 % des Gesamtstickstoffes umgesetzt. O. LEMMERMANN und Mitarbeiter²⁾ vermochten schliesslich schon nach 5 Tagen Versuchsdauer 57 % des Gesamtstickstoffes des Knochenmehls als in Form von Ammoniak abspaltbar festzustellen und zeigten, dass nach weiterem Verlauf wahrscheinlich eine Nitrifikation und Stickstofffestlegung des abgespaltenen Stickstoffes eintritt. Wir werden hierauf noch zurückzukommen haben. S. S. PECK³⁾ konnte sodann das Eintreten einer kräftigen Nitrifikation des abgespaltenen Ammoniakstickstoffes erweisen.

Das Hornmehl sieht F. LÖHNIS⁴⁾ auf Grund der bekannt gewordenen Düngungsversuche mit diesem Stickstoffdünger als „relativ leicht abbaufähig“ an. Doch fand schon A. MORGEN,⁵⁾ dass nach viermonatlicher Behandlung des Hornmehls mit Wasser erst 52.4 % seines Gesamtstickstoffes in Lösung gegangen waren, und zwar 34.8 % als Ammoniak-Stickstoff und 17.6 % als Amid- und Eiweissstickstoff. Nach J. VOGEL und T. ZELLER⁶⁾ rief Sandboden lebhaftere Ammoniakbildung als Lehmboden hervor

¹⁾ F. LÖHNIS und A. E. PARR, Zentralbl. f. Bakt. II, Bd. 17, 1916, S. 518.

²⁾ Vergl. O. LEMMERMANN, H. FISCHER, H. KAPPEN und E. BLANCK, Landw. Jahrb. Bd. 38, 1909, S. 317.

³⁾ S. S. PECK, The Journal of Industrial and Engineering Chemistry Bd. VI, 1914, S. 922, cfr. Intern. agrartechn. Rundschau VI, 1915, S. 231.

⁴⁾ F. LÖHNIS, Handbuch der landw. Bakteriologie, S. 589.

⁵⁾ A. MORGEN, Landw. Versuchs-Stationen Bd. 26, 1881, S. 51.

⁶⁾ J. VOGEL und T. ZELLER, Mittlg. Kais. Wilhelm-Inst. f. Landw., Bromberg 1, 1908, S. 192.

und nach M. WARD¹⁾ können auch Pilze das Hornmehl zerstören und Ammoniak bilden.

Entsprechend der geringen Düngewirkung des Ledermehls vermochte J. NESSLER bei seinen schon erwähnten Versuchen nach Ablauf von $1\frac{1}{4}$ Jahren keine Ammoniakbildung zu beobachten und A. MORGEN fand nach 4 Monaten nur 32.33 % des Gesamtstickstoffes in löslicher Form an Wasser abgegeben (19.36 % als $\text{NH}_3\text{-N}$ und 12.97 % als Amid- und Eiweiss-N). Auch R. SCHERPE²⁾ konnte bei seinen Umsetzungsversuchen mit Ledermehl nur eine geringe Aufschliessung wahrnehmen.

Die nachstehend mitgeteilten Umsetzungsversuche mit Galalith wurden mit einer grau gefärbten, feingemahlenen, flockigen Galalithprobe aus den Galalithabfällen der „Vereinigten Gummiwarenfabriken Harburg-Wien“ bzw. „Internationalen Galalith-Gesellschaft HOFF & Co. in Harburg“ ausgeführt, welches Präparat ich der Liebenswürdigkeit des Herrn Direktor DEITZ verdanke, wofür auch an dieser Stelle öffentlich gedankt sein möge. Dieses Präparat enthielt folgende Mengen Stickstoff:

				demnach in 0.5 g
Gesamt-Stickstoff .	11.824 % entspr.	39.88 ± 0.095 cem verbr. Lauge		59.12 mg N
Ammoniak-Stickstoff, abgespalten:				
durch MgO . . .	0.184 % entspr.	0.31 ± 0.022	„ „ „	0.919 „ „
durch Lauge . .	1.619 „ „	2.73 ± 0.033	„ „ „	8.094 „ „
Salpeter-Stickstoff	0.184 „ „	0.31 ± 0.039	„ „ „	0.919 „ „

Es würden mithin 73.90 % Rohprotein (Eiweiss) in dieser Probe bei einem Feuchtigkeitsgehalt derselben von 10.43 ± 0.008 % enthalten sein, so dass ein nahezu reines Eiweisspräparat im Galalith vorliegt. Hinsichtlich obiger Stickstoffbestimmungen sei noch bemerkt, dass sie in vier oder fünf Parallelbestimmungen zur Durchführung gelangten. Die Beifügung der wahrscheinlichen Schwankung enthebt uns aber von der Wiedergabe der Einzelbefunde.

Als Versuchsboden diente ein leichter Sandboden, welcher der Ackerkrume unseres Versuchsfeldes entnommen wurde. Seine mechanische und chemische Beschaffenheit wird durch nachstehende Analysen seines Feinbodens unter 2 mm Korngrösse für die vorliegenden Zwecke genügend charakterisiert.

¹⁾ M. WARD, Zentralblatt f. Bakteriologie II, Bd. 5, 1899, S. 510.

²⁾ R. SCHERPE, Arb. d. Kais. biolog. Anst. f. Landw. und Forstw. Bd. 7, 1909, S. 373.

Mechanische Analyse des Sandes, ausgeführt in Anlehnung an KÜHN'S Schlämmmethode:

			Mittel
Feuchtigkeit	0.20 ‰	0.20 ‰	0.20 ‰
Sand	96.88 ‰	97.04 ‰	96.96 ‰
Abschlämbbare Teile	2.92 ‰	2.76 ‰	2.84 ‰

Bei diesen Angaben der mechanischen Zusammensetzung des Feinbodens würde noch zu berücksichtigen sein, dass 1.35 ‰ organische Substanz verteilt auf „Sand“ und „abschlämbbare Teile“ zugegen sind.

Chemische Analyse des Feinsandes unter 2 mm Korngrösse, und zwar heisser Salzsäureauszug während einer Kochdauer von 2 Stunden. Benutzte Salzsäure vom spez. Gew. 1.186. Angewandt 20.00 g Feinboden; gefunden:

Unlöslich in HCl	19.2647 g	19.2645 g	96.323 ‰
Löslich in HCl:			
SiO ₂	0.0138 ‰	0.0124 ‰	0.066 ‰
Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃	0.3175 ‰	0.3140 ‰	1.579 ‰
CaO	0.0320 ‰	0.0340 ‰	0.165 ‰
MgO	0.0240 ‰	0.0245 ‰	0.122 ‰
P ₂ O ₅	0.0220 ‰	0.0235 ‰	0.114 ‰
K ₂ O	0.0065 ‰	0.0075 ‰	0.035 ‰
Na ₂ O	0.0030 ‰	0.0030 ‰	0.015 ‰
Glühverlust	0.3116 ‰	0.3076 ‰	1.548 ‰
(Feuchtigkeit)	(0.0396) ‰	(0.0396) ‰	(0.198) ‰
Summa:	19.9951 g	19.9910 g	99.967 ‰

Die Untersuchungen des Versuchssandes auf seinen Gehalt an verschiedenen Stickstoffformen brachten schliesslich folgende Ergebnisse:

Angewandt je 50 g Boden von 2.41 ‰ Feuchtigkeit; gefunden:

Gesamtstickstoff . 20.31 mg entspr.	6.85 ± 0.054 ccm verbr. Lauge = 0.0406 ‰ N
Ammoniakstickst. 0.74 ‰	0.25 ± 0.018 ‰ = 0.0015 ‰
Salpeterstickstoff. 0.74 ‰	0.25 ± 0.019 ‰ = 0.0015 ‰

Auch hier, wie beim Stickstoffgehalt des Galaliths, weisen die der verbrauchten Menge Lauge beigegebenen wahrscheinlichen Schwankungen auf die Sicherstellung der ermittelten Stickstoffwerte hin.

Durch die vorliegenden Untersuchungen sollte zunächst der Verlauf der Fäulnis festgestellt werden, und zwar gänzlich

unter natürlichen Bedingungen, so dass von einem jeglichen Zusatz von Nährlösungen für die Mikroorganismen abgesehen wurde. Dieses rechtfertigte sich um so mehr, als alle für die Nahrung der Bakterien in Frage kommenden Stoffe denselben mehr oder weniger reichlich in dem Galalith selbst zur Verfügung stehen dürften. Ausser dem reichlich vorhandenen Eiweiss sind Phosphorsäure und Kali sowie Kalk, herstammend aus den teils organischen Bestandteilen der Milch sowie den anorganischen Nährsalzen derselben, zugegen, so dass die Bakterien ihren Bedarf daran vollauf zu decken imstande sind. So enthält nach Angaben M. SIEGFELDS¹⁾ der Galalith 3.34 % P_2O_5 und 3.23 % CaO . Nur musste für einen höheren Wassergehalt des Bodens Sorge getragen werden, damit die zur Fäulnis notwendigen Bedingungen geschaffen waren. Es wurde daher der Feuchtigkeitsgehalt des Sandbodens auf 12.4 % festgelegt und während der ganzen Dauer des Versuches durch wiederholtes Wägen der Einzelkölbchen überwacht und für den Ersatz des verdunsteten Wassers gesorgt.

Zum Ansatz gelangten eine grössere Anzahl von Erlenmeyerkölbchen, die mit je 50 g des Sandbodens und je 0.5 g des Galaliths beschickt wurden, und von denen je 3 Kölbchen nach verschiedenen Zeitintervallen, wie dieses Tabelle S. 25 zu erkennen gibt, auf den etwa gebildeten Ammoniakstickstoff hin quantitativ geprüft wurden. Ausserdem wurden aber je 4 dieser Versuchskölbchen zu Anfang des Versuches auf Gesamtstickstoff-, Ammoniakstickstoff und Salpeterstickstoffgehalt untersucht, um bei gleicher Ausführung am Ende des Versuches Aufschluss über etwa eingetretene Nitrifikation, Stickstoffentbindung oder Stickstofffestlegung zu erhalten. Da sich aber im Verlauf der Untersuchungen, infolge des zunächst sehr lange auf sich wartelassenden Eintritts der Fäulnis, Bedenken erhoben, ob der gewählte, ausserordentlich leichte Boden überhaupt eine Fäulniskraft besitze, so wurden einige kleine Versuchsreihen mit Knochenmehl eingeschaltet, von welchem Körper ja bekannt ist, dass er sich vortrefflich zur Feststellung dieser Kraft eignet. In der Tat ergaben denn auch diese Knochenmehlzersetzungsversuche, dass der benutzte Boden ein geeignetes Medium für den gedachten Zweck darstellte.

¹⁾ M. SIEGFELD, Zeitschr. f. angew. Chem. XVII, 1904, S. 1816, ferner Berl. Mol.k.-Ztg. 1913, S. 281 und Deutsche Milchwirtschaftl. Ztg. 1913, S. 600.

Die diesbezüglichen Versuche gestalteten sich folgendermassen. Je 50 g unseres Sandbodens wurden mit 1 g Knochenmehl, dessen Gehalt an Gesamt-N 4.702 % und an P_2O_5 21.52 % betrug, beschickt und bei einem Gehalt von 12.4 % Feuchtigkeit und einer Temperatur von 17—20° C. aufbewahrt. Der Verlauf der Knochenmehl-Fäulnis wird durch nachstehende Tabelle veranschaulicht:

Tag der Untersuchung	mg N	NH ₃ -Bildung aus dem Knochenmehl nach Abzug von 0.74 mg N aus dem Sandboden		
		mg	%	
Anfang	1.45	0.71	1.51	} des Gesamt- stickstoffes im Knochenmehl
Nach 3 Tagen	18.50	17.76	37.77	
" 9 "	21.88	21.14	44.96	
" 19 "	15.24	14.15	30.84	

Da in diesem Falle nur je zwei Parallelbestimmungen ausgeführt wurden, so musste von einer Angabe der wahrscheinlichen Schwankungen Abstand genommen werden, da sich bekanntlich bei nur zwei Beobachtungen die Wahrscheinlichkeitslehre nicht mehr anwenden lässt. Jedenfalls geht aber aus vorstehenden Daten nicht nur mit genügender Sicherheit hervor, dass der Boden Fäulniskraft besitzt, sondern dass sich die Ergebnisse auch vollkommen in Übereinstimmung mit den von O. LEMMERMANN und Mitarbeitern¹⁾ gemachten Beobachtungen hinsichtlich der Zersetzung des Knochenmehls befinden. Denn auch von diesen wurde eine Zunahme des abgespaltenen Ammoniakstickstoffs mit darauffolgender Abnahme in natürlichem Boden ermittelt. Nur in der Höhe des Stickstoffumsatzes besteht ein wesentlicher Unterschied, insofern nämlich von jenen Autoren schon nach 5—8 Tagen das Maximum von rund 56 % erreicht wurde, während im vorliegenden Versuch erst nach 9 Tagen und zwar dann auch nur 45 % des Gesamtstickstoffes des Knochenmehls zur Umwandlung gelangt waren. Diese Unterschiede erklären sich leicht aus der Verschiedenheit der beiden benutzten Böden, denn ohne Zweifel war der von O. LEMMERMANN und seinen Mitarbeitern benutzte Boden, wenn auch nicht sehr viel, so doch besser, wie aus einer mechanischen Analyse (S. 322) hervorgeht.

¹⁾ O. LEMMERMANN, H. FISCHER, H. KAPPEN und E. BLANCK, l. c. S. 350.

Die oben erwähnten mit 0.5 g Galalith beschickten 50 g Sandboden enthielten zu Anfang des Versuches nachstehende Mengen Stickstoff in Form von:

Gesamtstickstoff . .	78.54 mg N	entsprechend	26.49 ± 0.090 ccm	verbr. Lauge
Ammoniakstickstoff	1.48 " "	"	0.50 ± 0.022 " "	"
Salpeterstickstoff . .	2.02 " "	"	0.68 ± 0.066 " "	"

Die zur Ermittlung der Galalithfäulnis bestimmten Kölbchen wurden wie oben beschrieben behandelt und in einem möglichst gleichmässig temperierten Raum bei 17—20° C. aufbewahrt. Die an verschiedenen Tagen auf Ammoniakbildung untersuchten Kölbchen ergaben die in nachstehender Tabelle niedergelegten zahlenmässigen Befunde. Von einer Wiedergabe der Einzelbefunde wurde auch hier Abstand genommen, da durch die Angabe der zugehörigen wahrscheinlichen Schwankungen die Mittelzahl ihrem Werte nach vollkommen gekennzeichnet wird.

(Siehe die Tabelle auf S. 25.)

Überblicken wir die nebenstehende Tabelle, so ergibt sich zunächst, dass alle Befunde an sich, ausgedrückt durch die Anzahl der verbrauchten ccm Lauge, als sichergestellt anzusehen sind, nicht aber gilt dieses für die Differenzen zwischen den einzelnen Versuchstagen, obgleich stets mehrere Tage zwischen der Feststellung eines Befundes liegen, d. h. mit anderen Worten die Unterschiede in der Ammoniakabspaltung bzw. Fäulnis des Galaliths waren nur sehr gering, die Fäulnis verläuft nur sehr langsam in dem gewählten leichten Sandboden. Dies geht auch ohne weiteres aus der Gegenüberstellung der Differenzen im Verbrauch der Titerlauge gegenüber dem am 1. Tage hervor, denn die erst am 14. Tage erzielte Differenz erweist sich als gerade noch innerhalb des vierfachen wahrscheinlichen Fehlers liegend, so dass von nun ab mit einer Abspaltung von Ammoniak gerechnet werden kann. Hiermit steht im Zusammenhang das Auftreten des Fäulnisgeruches erst vom 10. Versuchstage ab. Weswegen während der Zeit bis zum 10. Versuchstage eine geringe Verminderung des Stickstoffabspaltungsvermögens eingetreten ist, lässt sich nicht sagen, es muss aber darauf hingewiesen werden, dass diese im Vergleich zum Ammoniakgehalt am Anfang des Versuches z. T. als sichergestellt angenommen werden muss, wenn auch den Differenzen der einzelnen Tagesbefunde keine

Zeit der Untersuchung	Verbrauchte cem Länge	Differenzen der laufenden Bestimmungen unter sich	Differenzen gegentüber Tag 1	N in mg	Ammoniak-Bildung aus dem Galalitb, ausgedrückt in mg N	Ammoniak-Bildung in Prozenten des Ge- samteiststoffgehaltes im Galalitb	Bemerkungen
Am 1. Tage	0.50 ± 0.022	—	—	1.48	0.74	1.25	
" 3. "	0.36 ± 0.037	-0.14 ± 0.043	-0.14 ± 0.043	1.07	0.33	0.56	
" 5. "	0.31 ± 0.023	-0.05 ± 0.044	-0.19 ± 0.032	0.92	0.18	0.30	
" 8. "	0.34 ± 0.020	$+0.03 \pm 0.030$	-0.16 ± 0.030	1.01	0.27	0.46	
" 10. "	0.46 ± 0.037	$+0.12 \pm 0.042$	-0.04 ± 0.043	1.36	0.62	1.05	Fäulnisgeruch wahrnehmbar
" 14. "	1.24 ± 0.165	$+0.78 \pm 0.170$	$+0.74 \pm 0.167$	3.68	2.94	4.97	
" 17. "	1.83 ± 0.120	$+0.59 \pm 0.204$	$+1.33 \pm 0.122$	5.43	4.69	7.93	
" 19. "	2.53 ± 0.152	$+0.70 \pm 0.194$	$+2.03 \pm 0.154$	7.50	6.76	11.43	Geruch geringer werdend
" 22. "	3.86 ± 0.374	$+1.33 \pm 0.404$	$+3.36 \pm 0.374$	11.44	10.70	18.10	
" 25. "	3.66 ± 0.131	-0.20 ± 0.396	$+3.16 \pm 0.133$	10.85	10.11	17.10	
" 28. "	3.03 ± 0.376	-0.63 ± 0.398	$+2.53 \pm 0.377$	8.98	8.24	13.94	Geruch fast völlig verschwunden
" 31. "	3.38 ± 0.234	$+0.35 \pm 0.443$	$+2.88 \pm 0.339$	10.02	9.28	15.70	
" 34. "	3.38 ± 0.387	$\pm 0.00 \pm 0.452$	$+2.88 \pm 0.388$	10.02	9.28	15.70	

Bedeutung beizumessen ist. Es ergibt sich aus alledem, dass der Galalith nur sehr langsam in Fäulnis übergeht, wenigstens soweit seine Umwandlung im leichten Sandboden in Frage kommt. Erst nach 14 Tagen ist eine geringe Menge Ammoniak gebildet worden, welche noch nicht einmal ganz 5 % des Gesamtstickstoffgehaltes entspricht. Auch nunmehr ist der Verlauf der Ammoniakbildung ein recht träger, denn erst nach 22 tägiger Versuchsdauer, also nach weiteren 8 Tagen, sind 18.10 % des Gesamtstickstoffes im Galalith in Ammoniak umgewandelt worden und diese Menge stellt zudem noch das Maximum der Ammoniakproduktion dar, da diese Höhe in der weiteren Fortsetzung des Versuches nicht wieder erreicht wird, sich vielmehr ein Absinken geltend macht. Allein zieht man den Ausfall der wahrscheinlichen Schwankungen zu Rate, so zeigt sich, dass eigentlich kein wesentlicher Unterschied in der Ammoniakbildung während der Zeit vom 19.—34. Versuchstage bestanden hat, denn bei einer Gegenüberstellung der einzelnen Tagesbefunde gegen den Maximalbefund am 22. Tage erweisen sich die erhaltenen Differenzen der verbrauchten ccm Lauge mit einer derartig hohen wahrscheinlichen Schwankung behaftet, dass von einem Unterschied nicht mehr die Rede sein kann. Zusammenfassend darf demnach aus vorstehenden Befunden über den Fäulnisverlauf des Galaliths im leichten Sandboden geschlossen werden, dass sich dieser Vorgang verhältnismässig sehr langsam vollzieht. Erst nach 14 Tagen tritt die Fäulnis ein, erreicht nach 22 Tagen ihr Optimum und verbleibt dann nahezu auf gleicher Höhe, so dass auch nach 34 tägiger Versuchsdauer nicht mehr als 15.7 % des Gesamtstickstoffgehaltes des Galaliths in Ammoniak umgewandelt erscheinen.

Die weiter zu beantwortende Frage, was aus dem abgespaltenen Ammoniakstickstoff wird, lässt sich auf Grund nachstehender Untersuchungen bis zu einem gewissen Grade beantworten. Mehrere Fälle sind natürlich denkbar. Einmal kann der gebildete Ammoniakstickstoff nitrifiziert und damit in Salpeter umgewandelt werden, ein andermal kann er nach Überführung in Salpeter denitrifiziert und als freier Stickstoff entbunden werden. Ein Entweichen von Stickstoff könnte andererseits aber auch infolge der Verflüchtigung von Ammoniak direkt stattfinden und schliesslich wäre an die Möglichkeit einer Festlegung des

Ammoniakstickstoffes als Bakterieneiweiss zu denken. Was den ersten Fall einer Nitrifikation des Ammoniakstickstoffes anbelangt, so wurden im Verlauf des Versuches einige Stichproben auf Salpeterbildung gemacht, doch wie nachstehende Tabelle zeigt, ohne irgendwelchen Erfolg in der Richtung des Stattfindens eines solchen Vorganges. Da jedoch mit Ausnahme der Bestimmungen am ersten und letzten Tage nur zwei Parallelanalysen ausgeführt wurden, so musste die Berechnung der wahrscheinlichen Schwankungen für diese ausfallen:

Salpeterstickstoffgehalt des mit Galalith versetzten Sandes.

Am 1. Tage	0.68 \pm 0.066 ccm	verbrauchte Lauge = 2.02 mg N	
" 10. "	0.68	" " " = 2.02	" "
" 22. "	0.58	" " " = 1.72	" "
" 28. "	0.53	" " " = 1.57	" "
" 34. "	0.36 \pm 0.045	" " " = 1.07	" "

Demnach wäre sogar auf eine gewisse Verringerung des Salpetergehaltes zu folgern, wenn nicht der hierfür geltend zu machende Befund von 0.32 ± 0.080 ccm Lauge (= 0.94 mg N) infolge der Höhe seiner wahrscheinlichen Schwankung noch immerhin als etwas unsicher aufzufassen wäre, denn die beobachtete Verminderung liegt noch gerade innerhalb der höchst zulässigen Grenze der vierfachen wahrscheinlichen Schwankung. Absolute Sicherstellung kann sie daher nicht beanspruchen, ganz sicherlich ist aber keine Nitrifikation eingetreten.

Vergleichen wir nun aber den Gesamtstickstoffgehalt der Kölbchen am Anfang und zum Schluss des Versuches, so müssen wir auf eine sichergestellte Verminderung desselben schliessen. Diese wie die Bilanzen des Ammoniak- und Salpeterstickstoffes stellen sich wie folgt:

Verbrauchte ccm Lauge für:

	Gesamtstickstoff	Ammoniakstickstoff	Salpeterstickstoff
Am Anfang . .	26.49 \pm 0.090	0.50 \pm 0.022	0.68 \pm 0.066
" Ende . . .	23.95 \pm 0.084	3.38 \pm 0.387	0.36 \pm 0.045
	<u>- 2.54 \pm 0.123</u>	<u>+ 2.88 \pm 0.388</u>	<u>- 0.32 \pm 0.080</u>

Da in der Gesamtstickstoffmenge selbstverständlich auch die Menge des abgespaltenen Ammoniakstickstoffes mitenthalten ist, so geht aus vorstehender Gegenüberstellung unzweifelhaft

hervor, dass ausser Ammoniakbildung auch eine fast gleiche Menge Stickstoff entbunden worden ist. Da diese Menge durch die zugehörige wahrscheinliche Schwankung ausser jedem Zweifel gestellt wird, so muss mit ihr als mit einer sichergestellten Grösse gerechnet werden. Ausgedrückt in mg N beträgt sie 7.53, d. h. es sind ausser 15.70 % der Gesamtmenge des Galalithstickstoffes in Form von Ammoniak auch noch 12.74 % in freier Form entbunden worden, also zusammen 28.44 % Stickstoff zur Umwandlung gelangt. Dass aber auch diese Menge in erster Linie, oder eigentlich ausschliesslich, aus dem Galalith entstammt und nicht aus dem Boden, ergibt sich aus folgender Stickstoffbilanz des Bodens zu Anfang und am Ende des Versuches.

50 g Sandboden enthielten:

	Gesamtstickstoff	Ammoniakstickstoff
Zu Anfang . .	$6.85 \pm 0.054 = 20.31 \text{ mg}$	$0.31 \pm 0.023 = 0.92 \text{ mg}$
Am Ende . . .	$6.47 \pm 0.063 = 19.18 \text{ „}$	$0.00 \pm 0.000 = 0.00 \text{ „}$
	<hr/>	<hr/>
	$- 0.38 \pm 0.083 = 1.13 \text{ mg}$	$- 0.31 \pm 0.023 = 0.92 \text{ mg}$
	Salpeterstickstoff	
Zu Anfang . . .	$0.31 \pm 0.039 = 0.92 \text{ mg}$	
Am Ende . . .	$0.00 \pm 0.000 = 0.00 \text{ „}$	
	<hr/>	
	$- 0.31 \pm 0.039 = 0.92 \text{ mg}$	

Es ist also nur eine sehr geringe Menge N des Bodens in Verlust geraten, und ist dieselbe auch nur noch gerade als einigermaßen sichergestellt zu erblicken, da sie kaum über die vierfache wahrscheinliche Schwankung hinausgeht, und zwar scheint sich dieser Verlust auf den anfangs vorhandenen Gehalt an Ammoniak und Salpeter allein zu erstrecken, denn er wird jedenfalls vollkommen durch diesen gedeckt. $0.62 \pm 0.045 = 1.84 \text{ mg}$ N-verlust in Form von Ammoniak und Salpeter stehen $0.38 \pm 0.073 = 1.10 \text{ mg}$ Gesamtstickstoffverlust gegenüber, doch ist dem geringen Mehrverlust von $0.24 \pm 0.095 = 0.74 \text{ mg}$ Ammoniak- und Salpeter-N keine Bedeutung infolge der ihm anhaftenden hohen wahrscheinlichen Schwankung zuzuerkennen. Wir dürfen also im grossen und ganzen annehmen, dass im Sandboden während der Versuchsdauer keine wesentlichen Stickstoffumsetzungen stattgefunden haben mit Ausnahme einer vielleicht geringen Denitrifikation und eines Entweichens auch von

Ammoniakstickstoff, was bei einem sterilen Sande wie dem vorliegenden, der kaum ein Adsorptionsvermögen besitzt, sehr erklärlich erscheinen muss.

Auf welche Weise ist nun aber der Verlust des Galaliths an Gesamtstickstoff zu erklären? Wie nachgewiesen werden konnte, ist eine Nitrifikation des abgespaltenen Ammoniakstickstoffes nicht erfolgt, es liegt daher auch kein Grund vor, eine irgendwie stattgefundene Denitrifikation für den Stickstoffverlust verantwortlich zu machen. Wohl aber liegt die Annahme nahe, dass eine Verflüchtigung von Ammoniakstickstoff eingetreten ist, da der leichte Sandboden keine nennenswerten adsorptionsfähigen Bestandteile enthält und somit nicht in der Lage war, die immerhin im Verhältnis zu seiner nur geringen Menge von 50 g Boden recht beträchtlichen Ammoniakmengen zu binden. Es ist nicht undenkbar, dass bei Verwendung grösserer Bodenmengen, als sie in den vorliegenden Versuchen zur Anwendung gelangten, alles gebildete Ammoniak hätte festgehalten werden können. Eine definitive Antwort wird über diesen fraglichen Punkt erst ein analog ausgeführter Versuch mit Lehmboden, wie auch ein solcher im Arbeitsplan vorgesehen ist, bringen können. Hierüber soll späterhin berichtet werden.

Für die leichte Umsetzungsfähigkeit des Galaliths im Boden, wie dieses die Vegetationsversuche HASELHOFFS hinlänglich dargetan haben, spricht ferner der Umstand, dass aus dem Galalith durch kräftigere Reagentien als *Magnesia usta*, also z. B. durch Lauge, erheblich grössere Mengen Ammoniaks abgespalten werden können. Wie sich unter diesen Bedingungen die Umwandlung des Galaliths im Sandboden gestaltet, lehren die im folgenden wiedergegebenen diesbezüglichen Ermittlungen, die allerdings nur an einigen Stichproben zur Durchführung gelangten.

(Siehe die Tabelle auf S. 30.)

Es erscheint nach diesen Beobachtungen sogar, als wenn das Abspaltungsvermögen für Ammoniakstickstoff durch Lauge mit der Dauer des Verweilens des Galaliths im Boden zunimmt, dieses ist aber nicht der Fall, wie nachstehende Überlegungen dartun. Es erweisen sich zwar die Differenzen der verbrauchten Mengen Lauge gegenüber dem Verbrauch am Anfangstage des

Zeit der Unter- suchung	Verbrauchte ccm Lauge	Differenzen der laufenden Be- stimmungen unter sich	Differenzen gegenüber Tag 1	N in mg	Ammoniakbildung aus dem Galalith, ausgedrückt in mg N	Ammoniakbildung in Prozenten des Gesamtstickstoffge- haltes im Galalith
Am 1. Tage	3.64 ± 0.023	—	—	10.79	8.09	13.68
" 12. "	3.98 ± 0.033	$+ 0.34 \pm 0.040$	$+ 0.34 \pm 0.040$	11.80	9.10	15.39
" 14. "	4.38 ± 0.062	$+ 0.40 \pm 0.070$	$+ 0.74 \pm 0.066$	12.99	10.29	17.40
" 31. "	6.06 ± 0.037	$+ 1.68 \pm 0.072$	$+ 2.42 \pm 0.044$	17.97	15.27	25.83

Versuches infolge des geringen Ausfalls der ihnen anhaftenden wahrscheinlichen Schwankungen als völlig sichergestellt, so dass von diesem Gesichtspunkte aus die Steigerung des Abspaltungs- vermögens keine Beanstandung erfahren kann. Legt man aber die zu gleichen Zeiten durch Magnesia usta abgespaltenen Mengen Ammoniakstickstoffes zugrunde, so zeigt sich, dass während der ganzen Versuchsdauer durch den Angriff der stärkeren Lauge die gleiche Menge Ammoniak abgespalten wurde wie am ersten Tage. Hierfür gelten folgende Zahlen als Belege:

Abgespaltenener Ammoniakstickstoff

	durch Lauge	durch Magnesia	durch Lauge mehr	ccm verbr. Lauge
am 1. Tage	8.09 mg N	0.74 mg N	7.35 mg N	entspr. 2.48 ± 0.056
" 14. "	10.29 " "	2.94 " "	7.35 " "	" 2.48 ± 0.183
" 31. "	15.27 " "	9.28 " "	5.99 " "	" 2.02 ± 0.241

Aber auch die Annahme, dass die am 31. Tage durch Lauge allein abgespaltene Ammoniakmenge verringert worden sei, besteht nicht zu Recht, denn die zwischen dem 14. und 31. Tage liegende Differenz von 1.36 mg N entsprechend 0.46 ± 0.260 ccm Lauge verliert infolge der Höhe ihrer zugehörigen Schwankung jegliche Beweiskraft zugunsten einer solchen Auf- fassung. Die Lauge hat zwar, so dürfen wir schliessen, das Eiweissmolekül stärker anzugreifen vermocht als die Magnesia, doch ist dieses Vermögen auch während der Fäulnis des Galaliths das gleiche geblieben, d. h. mit anderen Worten, Magnesia wie

Lauge haben in gleicher Weise den Verlauf der Umwandlung des Eiweissstickstoffes zum Ausdruck gebracht, die grössere Menge des durch Lauge abspaltbaren Stickstoffes ist jedoch lediglich auf die stärkere Basizität der letzteren zurückzuführen. Der durch Lauge abgespaltene Ammoniakstickstoff bringt gleichsam den disponiblen, für eine Umwandlung fähigen Stickstoff zum Ausdruck.

Obgleich eigentlich mit dem 34. Tage der Fäulnis-Versuch als beendet anzusehen war, da sich in den letzten Tagen keine wesentliche Änderung des Ammoniakstickstoffgehaltes gezeigt hatte, so wurden dennoch drei Kölbchen dieser Versuchsreihe noch weitere vier Tage unter gleichen Bedingungen aufbewahrt und nach dieser Zeit auf Ammoniakbildung geprüft, um ein völlig sicheres Kriterium über die tatsächlich eingetretene Beendigung der Fäulnis zu erhalten. Diese Bestimmungen ergaben 10.22 mg abgespaltenen Ammoniakstickstoffes, mithin 16.04% des im Galalith enthaltenen Gesamtstickstoffes, so dass tatsächlich auf keinen wesentlichen, weiteren Fortgang mehr geschlossen werden kann.

Fassen wir demnach zum Schluss die Ergebnisse des vorstehend mitgeteilten Stickstoffumsetzungsversuches des Galaliths im leichten Sandboden zusammen, so lässt sich folgendes mit Sicherheit sagen:

Urteilt man allein nach dem Ausfalle des für Ammoniakabspaltung aus dem Galalith erkannten Vermögens, so ergibt sich der Verlauf der Fäulnis als ein sehr langsam eintretender und träge fortschreitender Vorgang, der nur bis zu einem Abbau von rund 16—18% des Gesamtstickstoffgehaltes des Galaliths im Höchsfalle führt. Eine Nitrifikation des abgespaltenen Ammoniakstickstoffes konnte nicht beobachtet werden, ebenso wenig wie eine etwaige Festlegung von Stickstoff in Form von Bakterieneiweiss eintrat. Jedoch vermögen diese Feststellungen für sich kein Bild von dem tatsächlich sich vollziehenden Umwandlungsvorgang des Eiweissstickstoffes im Galalith zu geben, denn es erweist sich das Umsetzungsvermögen des Stickstoffes als erheblich grösser, da ausserdem eine Menge von rund 12.5% Stickstoff der Gesamtmenge daran, wahrscheinlich in Form von Ammoniak, durch

Verdunstung in Verlust gerät. Es erfolgt dieses voraussichtlich infolge des nur geringen bzw. fast völlig fehlenden Adsorptionsvermögens des benutzten leichten Sandbodens. Man wird demnach im vorliegenden Falle mit einer Gesamtumsetzung von rund 28—30% Stickstoff des Galaliths nach einem Verlauf von etwa 5 Wochen rechnen können, der sich im weiteren Fortgang wohl in gleichen oder ähnlichen Grenzen bewegen dürfte. Der Galalith würde somit im grossen und ganzen eine immerhin nur langsam aber stetig fliessende Stickstoffquelle im Sandboden für die Pflanze darstellen.

Rostock, August 1916.

Mitteilung der landw. Versuchsstation Rostock i. M.

Der Phonolith ein Stickstoffdünger?

Von

E. BLANCK.

Die Bedeutung des Phonoliths als Kalidüngemittel ist in den letzten Jahren mehr denn genügend gewürdigt worden und man darf wohl sagen, dass die Akten über die Kaliwirkung dieses Gesteinsmehles als endgültig geschlossen zu betrachten sind. Wenn wir von dieser Tatsache mit Befriedigung Kenntnis nehmen, so muss es uns um somehr überraschen, dass die Frage nach der Düngewirkung des Phonolithmehles von einem anderen Gesichtspunkt aus wieder neu belebt erscheint. Anstatt als Kalidüngemittel tritt es nunmehr in der Gestalt eines Stickstoffdüngemittels auf, oder jedenfalls doch eines Düngers, bei dessen Wirkung der Stickstoff irgend eine Rolle spielen soll. Allerdings hat L. HILTNER¹⁾ schon vor einiger Zeit die bisher noch unbewiesen gelassene Behauptung aufgestellt, dass der Phonolith „in ungewöhnlich hohem Maße bei Gegenwart entsprechender organischer Körper die Entwicklung und das Stickstoffsammelvermögen luftbedürftiger stickstoffsammelnder Bakterien begünstigt“, so dass es an Andeutungen für die Möglichkeit einer anderen als Kali-Wirkung des Phonoliths, und zwar in Hinsicht auf eine Stickstoffwirkung, nicht gefehlt hat. Wenn schon, wie gesagt, der Beweis für eine derartige Behauptung bisher schuldig geblieben ist. Nunmehr hat aber HILTNER,²⁾ wenn auch in anderer Form, die Frage nach der Stickstoffwirkung des Phono-

¹⁾ L. HILTNER, Prakt. Blätter für Pflanzenbau und Pflanzenschutz 1910, S. 43.

²⁾ L. HILTNER, Landw. Jahrb. für Bayern 1915, V, S. 819 usw.
Versuchs-Stationen. XC.

liths wieder angeschnitten und sogar weiteres umfangreiches Material für die in Rede stehende Wirkung des Phonolithmehles demnächst zu veröffentlichen in Aussicht gestellt, was unter den gegebenen Verhältnissen mit Spannung und grossem Interesse zu erwarten ist. Dennoch erscheint es nicht unangebracht, die bisher von ihm bekannt gegebenen Versuche schon jetzt nicht nur zu erörtern, sondern ihnen zugleich auf Grund des Stickstoffgehaltes des Phonoliths näher zu treten.

HILTNER hat sich bei seinen diesbezüglichen Untersuchungen einer besonderen Methode der Wasserkultur bedient, die aus später darzulegenden Gründen als wenig einwandfrei bezeichnet werden muss. Sie besteht darin, dass die Versuchspflanzen in einer Nährlösung gezogen werden, der die auf das Pflanzenwachstum zu prüfende Substanz, sei es Dünger oder Boden, in fester Form hinzugesetzt wird. D. h. am Boden des Gefässes befindet sich in einer Menge von 100 g bei einem Liter Nährflüssigkeit die zu prüfende Dünger- oder Bodenmasse. HILTNER benutzt und empfiehlt diese Methode zur Ermittlung des Düngebedürfnisses eines Bodens.

Hinsichtlich der Stickstoffwirkung des Phonoliths teilt HILTNER in der genannten Arbeit zunächst folgenden Wasserkulturversuch mit, der am 22. Juli 1913 mit Lochows Gelbhafer und Serradella angesetzt wurde. Die in der Überschrift genannten Gesteinsarten wurden in Mengen von je 50 g Grus oder Mehl zu je 1 l Nährlösung hinzugesetzt. Infolge des späten Ansetzens des Versuches hatte sich die Serradella jedenfalls nicht mehr genügend entwickeln können, so dass sich der Genannte auf die Wiedergabe der Ernteergebnisse des Hafers beschränken musste. Zur Zeit des Abbruches des Versuches, Mitte Oktober, hatte derselbe nur sehr dürftige Rispen gebildet.

Trockengewicht in Gramm der Erntemasse.

	Versuche mit: Basalt	Ziegel	Granit	Phonolith
Ohne Nährstoffe in der Lösung.	0.17	0.20	0.26	0.35
Alle Nährstoffe in der Lösung ohne N . .	0.30	0.33	0.58	2.14
" " " " " " P_2O_5 .	0.25	0.84	0.20	0.23
" " " " " " K_2O .	2.00	1.04	0.53	0.50
Normale Lösung mit allen Nährstoffen ¹⁾ .	1.95	2.57	3.54	0.15

¹⁾ Sogen. neue Münchner Nährlösung: in 1 l je 0.25 g KCl, $MgSO_4$, $Ca_3(PO_4)_2$, $FePO_4$, KNO_3 bzw. 0.166 g $(NH_4)_2SO_4$, sowie 3 Tropfen einer 5%igen Eisenchloridlösung enthaltend.

Aus diesen Befunden schliesst HILTNER: „Der Umstand, dass der Hafer hier . . . ein Trockengewicht von 2.14 g (im einzelnen 2.71 und 1.57 g) aufwies, lassen keine andere Erklärung zu, als dass entweder Phonolith selbst stickstoffhaltig ist, oder dass unter seinem Einfluss eine lebhaft Stickstoffsammlung vor sich ging.“¹⁾

Zu diesen Ergebnissen ist zunächst zu bemerken, dass sie im Vergleich zur stofflichen Zusammensetzung der verwandten Gesteinsmehle wenig mit dieser harmonisierend angesehen werden müssen. Leider hat HILTNER verabsäumt, durch chemische Analyse die Zusammensetzung seiner Gesteinsmehle zu charakterisieren, so dass wir zur Klarstellung der Sachlage auf die allgemeine, durchschnittliche Beschaffenheit derselben zurückgreifen müssen. Abgesehen von der Reihe ohne Stickstoff muss es besonders auffallen, dass in der Reihe mit Kaliumausschluss der Basalt weit besser denn Granit und Phonolith gewirkt haben soll. Denn nach der Zusammensetzung dieser Gesteine ist gerade das umgekehrte Verhalten anzunehmen. Ja selbst unter der günstigen Annahme, dass im vorliegenden Falle ein Basalt aus der Reihe der Leucit-Nephelin-Melilithgesteine vorgelegen haben sollte, bleibt dieser Befund als recht unwahrscheinlich bestehen. Ähnliches, jedoch in einem anders verlaufenden Sinne, muss bezüglich des Ergebnisses vorliegender Versuchsreihe ohne Phosphorsäure gesagt werden. Ganz unverständlich erscheint aber, dass in der Reihe ohne Stickstoff der Phonolith so überaus günstig abgeschnitten hat, zumal bei der Verabfolgung der normalen Lösung mit allen Nährstoffen dieser Ertrag nicht erreicht wurde, sondern ganz erheblich herabgedrückt worden ist. Ja der hierdurch erzielte Ertrag liegt sogar noch weit unter dem Ertrage, der ohne Nährstoffe in der Lösung beim Phonolith, wie bei sämtlichen übrigen Gesteinsmehlen erhalten wurde und gerade dieser Umstand muss besondere Veranlassung zu Bedenken erregen, einmal in Hinsicht auf die Befunde des vorliegenden Versuches, sodann in Bezug auf die benutzte Methode überhaupt.

Die Ergebnisse des HILTNERschen Versuches sind scheinbar aus dem Ausfall zweier Parallelgefässe abgeleitet worden, denn der Genannte spricht von dem Trockengewicht 2.14 g, als im

¹⁾ HILTNER, l. c. S. 820.

einzelnen aus 2.71 und 1.57 g Erntegewicht berechnet. Nun erscheint unzweifelhaft die Übereinstimmung der Parallelgefäße, wie schon aus diesem Falle ersichtlich ist, recht ungenügend gewesen zu sein. Schliessen wir aus den Befunden anderer Versuchsreihen der genannten Arbeit, in denen Einzelergebnisse zur Wiedergabe gelangt sind, so dürften sie sogar z. T. noch erheblich umfangreicher ausgefallen sein, und wir gelangen daher zu der Annahme, dass die Mittelzahlen, über deren Wert uns infolge des Fehlens der Angaben der einzelnen Befunde kein sicheres Urteil zu fällen möglich ist, wahrscheinlich mit derartig hohen Schwankungen versehen sein werden, dass ihnen nur wenig Zuverlässigkeit zukommen kann. Andererseits, und dies betrifft die Methode, werden Gesteinsmehle suspendiert in einer Flüssigkeit mit gelösten Stoffen stets Adsorptionsvorgänge auslösen, so dass Nährstoffe der Lösung entzogen werden und nicht zur Wirkung gelangen. Ferner wird aber auch die Nährstofflösung lösend auf das Gesteinsmehl einwirken und neue, wenig kontrollierbare Nährstoff-, Reaktions- wie auch Konzentrationsbedingungen der Nährlösung schaffen. Es wäre daher zur Klarstellung aller dieser Verhältnisse unumgänglich notwendig gewesen, die Nährstofflösung nach dem Zusatz zum Gesteinsmehl zu analysieren, geradeso wie es erforderlich gewesen wäre, die Gesteinsmehle selbst zu untersuchen, um zu erfahren, mit welchen Substanzen überhaupt gearbeitet wurde. Bezeichnend in Hinsicht auf die Auslösung von Adsorptionerscheinungen durch die Zufuhr von Gesteinsmehl und Gesteinsgrus zur Nährlösung erscheint folgender Satz HILTNERs: „Der Zusatz von Gesteinsmehl oder Gesteinsgrus hatte dagegen häufiger einen ungünstigen Einfluss als einen günstigen. Wo ein Unterschied zwischen der Wirkung des Gesteinsmehles und des Gesteinsgruses hervortrat, fiel er zugunsten des Gesteinsgruses aus.“¹⁾ Das ist aber ganz leicht verständlich, und gibt uns den Schlüssel für die auffälligen Ergebnisse des Versuches in die Hand, denn das feine Gesteinsmehl ist weit mehr geeignet, Adsorptionerscheinungen hervorzubringen als der grobe Grus. Trotz dieser Beobachtung hat jedoch HILTNER seine Versuche und Versuchsmethodik weitergeführt und eine Prüfung des Adsorptionsvermögens seiner Gesteinspulver unterlassen. Ergebnisse wie die vorstehenden vermögen aber am

¹⁾ HILTNER, l. c. S. 772.

ungezwungensten ihre Erklärung durch die Annahme zu finden, dass Stoffe aus der Nährstofflösung durch Adsorption entzogen worden sind und somit den Pflanzen nicht mehr zugänglich waren. In welchem Masse und in welcher Richtung dies erfolgt sein könnte, lässt sich infolge der grossen Anzahl der in der Nährstofflösung befindlichen Salze nicht ohne weiteres sagen, zumal sich noch der Einfluss der Pflanze auf die Nährstofflösung geltend macht.

Ein weiterer Versuch,¹⁾ der ausschliesslich mit Phonolith durchgeführt wurde, hatte Lochows Gelbhafer gleichfalls als Versuchspflanze. Als Stickstoffquelle diente auch hier Ammonitrat in einer Menge von 0.25 g auf 1 l. Auf den Boden der Versuchsgefässe wurden in sämtlichen Reihen je 50 g Phonolith als Grus und Mehl gegeben. Infolge des Ansetzens des Versuches schon am 5. Mai entwickelte sich der Hafer erheblich besser, gelangte fast in allen Reihen zur vollen Rispenentwicklung und lieferte reife Körner. Die Ernte erfolgte am 18. August mit nachstehenden Ergebnissen, und zwar sollen hier nur die aus je vier Parallelgefässen ermittelten Durchschnittswerte wiedergegeben sein, die zur objektiven Prüfung mit den ihnen zukommenden wahrscheinlichen Schwankungen, berechnet vom Verf., versehen worden sind. Die sonstige Anlage des Versuches geht unmittelbar aus den nachstehender Tabelle zu entnehmenden Angaben hervor. Im übrigen wurde nur auf die geerntete Trockensubstanzmasse Rücksicht genommen, da eine solche stets die sicherste Grundlage besitzt.

		Gefundenes Trocken- gewicht in Gramm
Ohne Nährstoff in der Lösung	. . . . .	0.675 ± 0.042
Mit allen Nährstoffen ausser N	. . . . .	1.912 ± 0.119
" " " " P_2O_5	. . . . .	0.362 ± 0.029
" " " " K_2O	. . . . .	1.850 ± 0.063
" sämtlichen Nährstoffen	. . . . .	2.580 ± 0.038
" doppelter Gabe aller Nährstoffe	. . . . .	4.912 ± 0.236
" dreifacher Gabe aller Nährstoffe	. . . . .	3.862 ± 0.555
" allen Nährstoffen, doppelte K_2O -gabe	. . . . .	3.683 ± 0.157
" " " " P_2O_5 -gabe	. . . . .	5.162 ± 0.101
" " " " N-gabe	. . . . .	3.217 ± 0.363

HILTNER entnimmt diesem Versuchsergebnis zunächst, dass der Phonolith keinerlei P_2O_5 , wohl aber eine sehr deutlich her-

¹⁾ HILTNER, l. c. S. 822.

vortretende N- und K_2O -Wirkung ausgeübt habe. Diesem Urteil muss insofern beigeprpflichtet werden, als durch die gezeitigten Mehrerträge bei N- und K_2O -freier Nährlösung ein solches Ergebnis gestützt wird, wie dieses nachstehende Zahlen lehren.

Ertrag bei Anwendung aller Nährstoffe	ausser N	ausser P_2O_5	ausser K_2O
2.580 ± 0.038	1.912 ± 0.119	0.362 ± 0.029	1.850 ± 0.063
Ohne Nährstoff in der Lösung			
0.675 ± 0.042	0.675 ± 0.042	0.675 ± 0.042	0.675 ± 0.042
<hr/>			
Differenzerträge: + 1.905 \pm 0.056	+ 1.237 \pm 0.126	-- 0.313 \pm 0.051	+ 1.175 \pm 0.076

Jedoch erscheint unter den obwaltenden Verhältnissen der Versuchsbedingungen nicht einwandfrei erwiesen zu sein, dass die Mehrerträge auch unbedingt auf eine Kali- bzw. Stickstoffwirkung zurückzuführen sind.

Dieses wird durch den Ausfall des Ertrages bei Anwendung aller Nährstoffe in der Lösung ohne P_2O_5 , der geringer als derjenige ohne Nährstoffe in der Lösung sich ergeben hat, deutlich zum Ausdruck gebracht, und auch seine wahrscheinliche Schwankung lässt keinen Zweifel hinsichtlich der Sicherstellung aufkommen. HILTNER gibt diesen Tatbestand auch zu, wenn er sagt: „Dies deutet darauf hin, dass hier durch Wechselwirkungen zwischen den in den Lösungen gegebenen Salzen und dem Phonolith ungünstige Wirkungen sich geltend machten, die bei Zugabe von Phosphaten ausbleiben.“ Also abermals ein Beweis für die Unzulässigkeit seiner Methode für den gedachten Zweck. Die günstige Wirkung der Phosphorsäurezufuhr tritt uns auch beim Vergleich der durch sämtliche Nährstoffe in der Lösung erzielten gegenüber „durch alle Nährstoffe und doppelte Gabe von K_2O , P_2O_5 bzw. N“ augenfällig entgegen, wie folgende Zahlen lehren:

	K_2O	P_2O_5	N
Sämtliche Nährstoffe in der Lösung und doppelte Gabe	3.683 ± 0.157	5.162 ± 0.101	3.217 ± 0.363
Sämtliche Nährstoffe in der Lösung	2.580 ± 0.038	2.580 ± 0.038	2.580 ± 0.038
<hr/>			
Mehrerträge durch Überschuldungen:	1.103 ± 0.161	2.582 ± 0.108	0.637 ± 0.365

Stellt man die Erträge, gewonnen durch sämtliche Nährstoffe in der Lösung bei doppelter Gabe von K_2O , P_2O_5 bzw. N, demjenigen durch doppelte Gabe aller Nährstoffe erhaltenen gegenüber und sieht man letztere Düngung in diesem Fall als Voll-

düngung an, so erhält man ein Bild von dem Ausfall der Erträge bei einem teilweisen Mangel an N und P_2O_5 einerseits, K_2O und N sowie K_2O und P_2O_5 andererseits. Dies zeigt uns nachstehende Übersicht:

	Erträge	gegen Volldüngung
Doppelte Gabe aller Nährstoffe . . .	4.912 ± 0.236	—
Einfache Gabe aller Nährstoffe, doppelte K_2O -gabe, d. i. teilweiser Mangel an N und P_2O_5	3.683 ± 0.157	— 1.229 ± 0.261
Einfache Gabe aller Nährstoffe, doppelte P_2O_5 -gabe, d. i. teilweiser Mangel an K_2O und N	5.162 ± 0.101	+ 0.250 ± 0.257
Einfache Gabe aller Nährstoffe, doppelte N-gabe, d. i. teilweiser Mangel an K_2O und P_2O_5	3.217 ± 0.363	— 1.695 ± 0.423

Wir entnehmen dieser Gegenüberstellung ungezwungen, dass ein Mangel an N und P_2O_5 sowie ein solcher an K_2O und P_2O_5 vermindernd auf den Ertrag gewirkt hat, nicht aber ein Mangel an K_2O und N, dieser sogar einen geringen Mehrertrag erzielt hat, der allerdings infolge der Höhe seiner wahrscheinlichen Schwankung als völlig belanglos angesehen werden muss. Jedenfalls ist aber durch diese Befunde sicher festgestellt, dass der Mangel an Phosphorsäure es allein ist, der eine Depression des Ernteertrages hervorruft. Mithin, so müssen wir folgern, ist der bei Ausschluss von K_2O und namentlich N im Fall der ersten Versuchsreihe (vergl. S. 38) erzielte Mehrertrag gegenüber ohne Nährstoffe in der Lösung nicht auf eine etwaige Wirkung des Kalis oder Stickstoffs aus dem Phonolith zu erklären, sondern lediglich der Folge der Anwesenheit von Phosphorsäure zu verdanken. Mit einer Stickstoffwirkung des Phonoliths in irgendwelcher Richtung haben daher diese Befunde HILTNERs nichts zu tun. So ganz sicher scheint sich auch HILTNER in der Auslegung der Ergebnisse vorstehenden Versuches nicht gewesen zu sein, denn abgesehen von dem Zugabe eventuell stattgefundener Reaktionsveränderungen in der Nährflüssigkeit, verbreitet er sich wie folgt über denselben: „Bei Beurteilung der Stickstoff- und Kaliwirkung des Phonoliths darf nicht übersehen werden, dass auf die Gefässe mit 1 l Nährlösung nicht weniger als 100 g Phonolith gegeben wurden, so dass die Ergebnisse einen Maßstab dafür, in welchem Grade Phonolith das Stickstoff- und Kalibedürfnis der Pflanzen be-

friedigen kann, an sich nicht abgeben können. Andererseits lässt die Tatsache, dass in allen Fällen, wo die Lösung selbst sämtliche Nährstoffe enthielt, höhere Erfolge erzielt wurden, nicht ohne weiteres etwa den Schluss zu, dass selbst 100 g Phonolith das Stickstoff- und Kalibedürfnis der Pflanzen nicht voll zu befriedigen vermöchten; vielmehr kann nur gefolgert werden, dass dies unter den angegebenen Bedingungen nicht der Fall war.“¹⁾ Den Ausfall seiner Ergebnisse im hohen Grade beeinflussend erblickt HILTNER in dem Umstande einer möglichen Reaktionsveränderung während des Versuches in seinen Nährlösungen. Wir wissen zur Genüge, dass dieser Umstand bei Wasserkulturen ein sehr wichtiger Punkt ist und müssen daher auch hierin dem Genannten beipflichten, sind aber andererseits der Ansicht, dass diese Frage hätte festgestellt werden müssen, was sehr leicht durch chemische Untersuchungen, wie die früher erwähnten, hätte geschehen können.

Hinsichtlich der früher von HILTNER ausgesprochenen Vermutung eines Stickstoffsammelvermögens des Phonoliths ist es nun interessant zu vernehmen, dass der Genannte diesen Standpunkt nicht mehr im vollen Umfange zu vertreten bereit ist. „Die interessante Tatsache“, schreibt HILTNER, „dass auch dieser Versuch in völlig einwandfreier Weise eine erhebliche Stickstoffwirkung des Phonoliths ergab, kann nicht ohne weiteres etwa als ein Beweis dafür angesehen werden, dass Phonolith die Stickstoffsammlung begünstige. Wie wir in einem zusammenhängenden Aufsatz über die sämtlichen von uns seit Jahren mit Phonolith ausgeführten Versuche, namentlich auch solche über den Einfluss des Phonoliths auf verschiedene bakteriologische Vorgänge, ausführlich nachweisen werden, enthält nämlich Phonolith selbst und zwar auch in jenen Fällen, wo Verwitterungsprozesse noch nicht in Frage kommen, stets eine gewisse Menge an Stickstoff, die zwar viel zu gering ist, um etwa dieses Gestein als Stickstoffdüngemittel anzusehen, immerhin aber ausreicht, um bei Verwendung von grösseren Mengen von Phonolith zur Düngung ein auf die Stickstoffzufuhr zurückzuführendes stärkeres Ergrünen der Pflanzen herbeizuführen.“²⁾

¹⁾ HILTNER, l. c. S. 823.

²⁾ Ebenda S. 824.

Wie eine etwaige Vermehrung des Stickstoffgehaltes des Phonoliths bei der Verwitterung zustande kommen soll, erscheint unverständlich. Die kleinen, in gewissen Eruptivgesteinen vorkommenden Mengen von Stickstoff befinden sich, soweit unsere spärlichen Kenntnisse in dieser Richtung reichen, wahrscheinlich in leichtlöslicher Bindungsform, voraussichtlich als Ammoniak infolge der geologischen Erscheinungsform dieser Gesteine. Es ist daher mit Sicherheit anzunehmen, dass bei der Verwitterung der Gesteine jene geringe Menge an Stickstoff leicht fortgeführt wird. Was ferner die Menge des Stickstoffs im Phonolith anbelangt, so führt HILTNER an, dass derselbe nach Untersuchungen seiner Anstalt zwischen 0.0234 und 0.0253 % schwanke, desgleichen seien 2 Proben von der K. Zentralversuchsstation mit einem Gehalt von 0.02 % N befunden worden. Er schliesst daraus, dass bei Verwendung von 100 g Phonolith unter diesen Verhältnissen den Pflanzen eine Stickstoffmenge zur Verfügung steht, „die sehr wohl einen Einfluss auf das Wachstum der Pflanze ausüben kann“.

Bei dem, man kann wohl sagen, fast völligen Fehlen von Angaben über den Stickstoffgehalt der Eruptivgesteine in der einschlägigen chemisch-petrographischen Literatur, denn selbst die grossen Sammelwerke J. ROTHs¹⁾ und A. OSANNS²⁾ vermögen keinen Aufschluss zu geben, war es interessant, sowohl die Menge des in Phonolithen vorhandenen Stickstoffs festzustellen, als auch womöglich die Natur seiner Bindungsform zu ermitteln. Zu diesem Zwecke gelangten drei Phonolithmehle zur Untersuchung. Eine grössere Menge von Proben, wie vielleicht wünschenswert gewesen wäre, stand leider nicht zur Verfügung.³⁾ Die Untersuchung dieses Materials geschah unter Befolgung aller möglichen Vorsichtsmassregeln, was infolge des geringen Gehaltes an Stickstoff als ganz besonders geboten erscheinen musste. Ausserdem wurde jede Phonolithprobe fünfmal auf Stickstoff analysiert und

¹⁾ J. ROTH, Allgemeine und chemische Geologie, Berlin 1879—1893.

²⁾ A. OSANN, Beiträge zur chemischen Petrographie, Stuttgart 1905. Die Ermittlungen von J. STOKLASA (Zentralbl. für Mineralogie usw. 1917, S. 161) über den Stickstoffgehalt vulkanischer Produkte erstrecken sich auf vulkanische Aschen, Lapilli u. dergl. mehr.

³⁾ Für die freundliche Überlassung von Phonolithproben bin ich den Herren Prof. Dr. EHRENBERG, Geh. Rat Prof. Dr. PFEIFFER und Prof. Dr. POPP zu grossem Danke verpflichtet.

je fünf blinde Bestimmungen in Hinsicht auf einen etwaigen Stickstoffgehalt der benutzten Reagentien ausgeführt. Zur Verwendung gelangten stets je 10.000 g Phonolithmehl, die mit Schwefelsäure und Phenolschwefelsäure aufgeschlossen wurden.

Bestimmung des Gesamtstickstoffs.

Blinde Bestimmungen.

Verbrauchte ccm Lauge . . .	33.90	33.80	33.70	33.80	33.80
Im Mittel der Bestimmungen .	33.80 ± 0.02 ccm.				

Phonolith, Probe I.

Verbrauchte ccm Lauge . . .	33.60	33.70	33.80	33.70	33.75
Im Mittel der Bestimmungen .	33.71 ± 0.02 ccm.				

Phonolith, Probe II.

Verbrauchte ccm Lauge . . .	33.60	33.55	33.80	33.55	33.70
Im Mittel der Bestimmungen .	33.64 ± 0.04 ccm.				

Phonolith, Probe III.

Verbrauchte ccm Lauge . . .	33.85	33.55	33.80	33.80	33.80
Im Mittel der Bestimmungen .	33.76 ± 0.03 ccm.				

Aus diesen Werten ergeben sich nachstehende Bruchteile verbrauchter ccm Lauge für Phonolith:

I.	II.	III.
33.80 ± 0.02	33.80 ± 0.02	33.80 ± 0.02
33.71 ± 0.02	33.64 ± 0.04	33.76 ± 0.03
<hr/>	<hr/>	<hr/>
0.09 ± 0.029	0.16 ± 0.044	0.04 ± 0.036

Diese geringfügigen Mengen verbrauchter Lauge können aber auf Grund der ihnen anhaftenden wahrscheinlichen Schwankungen keinen Anspruch auf Sicherstellung machen, so dass wir aus obigen Befunden zu schliessen haben, dass bestimmbare Mengen an N in den untersuchten Phonolithen überhaupt nicht vorhanden sind. Will man trotzdem die den verbrauchten ccm Lauge entsprechenden Mengen N berechnen, so ergibt sich unter Zugrundelegung des Titors folgende Menge N in der angewandten Menge von 10.000 g Phonolith:

0.267 ± 0.061 mg N für Probe I,	
0.474 ± 0.104 " " " " II,	
0.119 ± 0.094 " " " " III.	

Hierbei fällt zunächst die Verringerung der wahrscheinlichen Schwankung auf, was aber als selbstverständlich gelten muss,

da bei der Berechnung der den verbrauchten ccm Lauge entsprechenden Stickstoffmengen die wahrscheinlichen Schwankungen der blinden Bestimmungen keine Berücksichtigung finden konnten, da ja deren Mittelwert als Grundlage gewählt wird. Dementsprechend werden alle weiteren Beobachtungen, die vom Stickstoffgehalt ausgehen, hinsichtlich ihrer wahrscheinlichen Schwankungen ein etwas zu günstiges Ergebnis liefern, was besonders hervorgehoben sein mag. Trotz dieses Zugeständnisses werden wir aber auch mit Hilfe dieser Zahlen den Beweis zu erbringen imstande sein, dass den Stickstoffbefunden in Hinsicht auf den Stickstoffgehalt der untersuchten Phonolithmehle keine Beweiskraft zukommt. So besteht z. B. zwischen den gefundenen Stickstoffgehalten der einzelnen Proben trotz der verschiedenen Höhe derselben kein sichergestellter Unterschied, wie dieses nachstehende Gegenüberstellung vor Augen führt:

Stickstoff in 10.000 g Phonolith, ausgedrückt in Milligramm:

		Differenzen zwischen	
Probe I	0.267 ± 0.061	I und II	0.207 ± 0.120
„ II	0.474 ± 0.104	II „ III	0.355 ± 0.140
„ III	0.119 ± 0.094	I „ III	0.149 ± 0.112

Es ist demnach auf einen gleich hohen Stickstoffgehalt aller 3 Proben zu schliessen, der sich aber, wie oben gezeigt wurde, bei Berücksichtigung des Ausfalles der sogen. blinden Bestimmungen als überhaupt nicht vorhanden erweist.

Prozentisch ausgedrückt würden die Phonolithen nach obigen Ergebnissen enthalten:

0.00267 % N
 0.00474 „ „
 0.00119 „ „

Mithin würde auch ein weit geringerer Gehalt an Gesamtstickstoff beobachtet worden sein, wie HILTNER ihn annimmt, falls wir unseren Befunden in dieser Richtung, d. h. als Stütze der Anwesenheit nennenswerter Stickstoffmengen im Phonolith, überhaupt Beweiskraft einräumen wollten.

Wenn sich nun auch schon gezeigt hatte, dass der Gesamtstickstoffgehalt der untersuchten Proben von keiner Bedeutung ist, so wurde trotzdem versucht, auch noch den Gehalt der Phonolithproben an Ammoniakstickstoff zu ermitteln. Obgleich ein solches Vorgehen als aussichtslos angesehen werden musste,

so sollte doch die Frage entschieden werden, ob die geringen, vollkommen in der unvermeidlichen Fehlergrenze liegenden, Gesamtstickstoffmengen in einer leicht löslichen Form vorhanden wären, auf Grund welcher Feststellung HILTNER seine vielversprechenden Behauptungen hinsichtlich des Einflusses des Phonolithstickstoffgehaltes auf das Pflanzenwachstum zu stützen Berechtigung finden könnte. Es wurden dementsprechend je viermal 10.000 g einer jeden Phonolithprobe mit 200 g destillierten Wassers und 2 g Magnesia usta bis zur Trocknung eingedampft und der entwichene Ammoniakstickstoff aufgefangen. Desgleichen wurden vier blinde Bestimmungen zur Prüfung der Reagentien auf Ammoniak ausgeführt. Das Ergebnis dieser Analysen war folgendes:

Bestimmung des Ammoniakstickstoffs.

Blinde Bestimmungen.

Verbrauchte ccm Lauge	34.00	34.00	33.90	33.95
Im Mittel der Bestimmungen	33.96 ± 0.02 ccm.			

Phonolith Probe I.

Verbrauchte ccm Lauge	33.90	33.80	33.90	33.85
Im Mittel der Bestimmungen	33.86 ± 0.02 ccm.			

Phonolith Probe II.

Verbrauchte ccm Lauge	33.85	33.80	33.80	33.85
Im Mittel der Bestimmungen	33.85 ± 0.01 ccm.			

Phonolith Probe III.

Verbrauchte ccm Lauge	33.95	33.95	33.95	33.95
Im Mittel der Bestimmungen	33.95 ± 0.000 ccm.			

Also auch für die Annahme der Gegenwart von Ammoniakstickstoff in den drei untersuchten Phonolithproben liegt hiernach keine Berechtigung vor, wie sich ohne weiteres aus folgender Zusammenstellung der verbrauchten ccm Lauge ergibt:

Probe: I.	II.	III.
33.96 ± 0.02	33.96 ± 0.02	33.96 ± 0.02
33.86 ± 0.02	33.83 ± 0.01	33.95 ± 0.00
<hr/>	<hr/>	<hr/>
0.10 ± 0.03	0.13 ± 0.02	0.01 ± 0.02

Wir sehen daher auch von einer Wiedergabe der Umrechnung auf Ammoniakstickstoff unter Berücksichtigung der wahrscheinlichen Schwankungen ab, wollen jedoch angeben, dass die verbrauchten ccm Lauge einem Ammoniakstickstoffgehalt von 0.00296, 0.00385 bzw. 0.00030 % entsprechen würden.

Doch legen wir diesen Befunden keine Bedeutung bei, denn auch die Befunde für Gesamtstickstoff im Vergleich zum Ammoniakstickstoff, ausgedrückt in ccm verbrauchter Lauge, zeigen deutlich, dass kein Unterschied zwischen den beiden Werten besteht.

	ccm für:	Probe: I.	II.	III.
Ges.-N		0.09 ± 0.03	0.16 ± 0.04	0.04 ± 0.04
NH ₃ -N		0.10 ± 0.03	0.13 ± 0.02	0.01 ± 0.02
Zugunsten des Ges.-N: —		0.01 ± 0.04	$+ 0.03 \pm 0.04$	$+ 0.03 \pm 0.04$

Wir gelangen dementsprechend zu der Auffassung, dass der im Phonolith etwa vorhandene Stickstoffgehalt nur sehr gering veranschlagt werden kann, ja sich sogar nach den vorliegenden Untersuchungen als nicht bestehend gezeigt hat. Auch selbst bei der Annahme eines Stickstoffgehaltes, wie ihn HILTNER im Phonolith als vorhanden angibt, müssen wir schliessen, dass diese Menge für den von jenem Autor gedachten Zweck nicht ausreicht, wovon man sich durch eine einfache Rechnung leicht zu überzeugen vermag.

Um schliesslich noch zu zeigen, welche Bedeutung HILTNER seiner Methode der Wasserkultur zuspricht und welche Folgen er an die von ihm gemachten Feststellungen der Stickstoffwirkung des Phonoliths anknüpft, sei auf nachstehende Sätze seiner Arbeit hingewiesen: „Das Wasserkulturverfahren dürfte demnach bei weiterer Vervollkommnung wohl geeignet sein, Aufschluss zu geben über das Düngebedürfnis verschiedener Bodenarten, soweit es sich um Kali und Phosphorsäure handelt, nicht aber soweit der Stickstoff in Betracht kommt. Dies ist auch leicht erklärlich; denn in einer mehrere Zentimeter hohen Erdschicht, die infolge der Eigenart der Wasserkultur in den von uns benutzten 1litrigen Glaszylindern von einer etwa 14 cm hohen Wasserschicht überdeckt ist, können sich kaum bakteriologische Vorgänge abspielen, die zur Entstehung aufnehmbarer Stickstoffverbindungen führen. Namentlich die Nitrifikation dürfte unter diesen Umständen ausgeschlossen sein. Vielmehr werden sich entgegengesetzte Vorgänge, die zur Festlegung des Stickstoffs oder zur Denitrifikation führen, ergeben. Um so auffallender muss freilich die Tatsache erscheinen, dass bei den Versuchen 9 und 10¹⁾ besonders Phonolith

¹⁾ Versuch 9 und 10 sind die oben ausführlich behandelten.

unter den gleichen Bedingungen eine ganz unzweifelhaft stark hervortretende Stickstoffwirkung äusserte. Der Berichterstatter betrachtet diese Tatsache als einen weiteren Beweis für die Richtigkeit seiner Auffassung, dass über Phonolith noch nicht das letzte Wort gesprochen ist, zumal er imstande sein wird, in einer zusammenfassenden Veröffentlichung über alle an der Anstalt durchgeführten Phonolithversuche noch andere auffallende Belege hierfür zu erbringen.“¹⁾ Jedoch als Stickstoffdüngemittel wünscht HILTNER den Phonolith nicht zu bezeichnen, hiergegen verwahrt er sich ausdrücklich und sei dieses, um Missverständnissen vorzubeugen, auch hier betont. Seine „nicht unbeträchtliche Stickstoffwirkung“ hebt er jedoch andererseits stets stark hervor und sieht, da vulkanische Gesteine oder Gesteine vulkanischen Ursprungs Stickstoff enthalten können, in seinen Feststellungen nichts Überraschendes. „Das auffallende an ihnen ist nur in dem Umstand gegeben, dass der Stickstoff des Phonoliths bei den Wasserkulturversuchen überhaupt zur Wirkung gelangte, während der in den verschiedenen Bodenproben enthaltene Stickstoff überhaupt keine oder nur eine auffallend geringe Wirkung äusserte.“²⁾ HILTNER nimmt daher abermals wie schon früher an, „dass Phonolith auf verschiedene Prozesse bakteriologischer Natur einen starken Einfluss ausübt“.

Zusammenfassend ergibt sich aus den vorstehenden Erörterungen und Versuchen in Bezug auf die von HILTNER geäusserten Ansichten über die Stickstoffwirkung des Phonoliths, gleichgültig auf welche Ursachen diese Erscheinung auch zurückzuführen ist:

1. dass die bisher von HILTNER mitgeteilten Versuche eine direkte Stickstoffwirkung des Phonoliths überhaupt nicht zu stützen vermögen, denn einmal erscheint die von ihm gewählte Methode der „Wasserkultur“ für diesen Zweck als wenig geeignet und zweitens lassen die Versuche deutlich erkennen, dass die durch sie erzielten Ergebnisse, die als eine Stickstoffwirkung gedeutet worden sind, ihren Ausfall dem Einfluss von Phosphorsäure bzw. Phosphaten

¹⁾ HILTNER, l. c. S. 832.

²⁾ HILTNER, l. c. S. 841.

zu verdanken haben. Mit einer Stickstoffwirkung des Phonoliths in irgendwelcher Richtung haben diese Befunde HILTNERs daher nichts zu tun, zumal er selber ausdrücklich betont, dass auch eine indirekte Wirkung des Phonoliths, die das von ihm früher geltend gemachte Stickstoffsammelungsvermögen als Ursache haben könnte, als ausgeschlossen angenommen werden müsse;

2. dass nennenswerte Stickstoffmengen im Phonolith nicht haben nachgewiesen werden können, so dass auch von diesem Gesichtspunkte aus eine Stickstoffwirkung dieses Gesteinsmehls als mindestens höchst unwahrscheinlich angesehen werden muss, wenn nicht als ausgeschlossen zu gelten hat.

Rostock, Juni 1916.

Mitteilung der landw. Versuchsstation Rostock i. M.

Versuche zur Verbesserung dumpfigen Getreides.

II. Mitteilung.

Von

M. HEINRICH.

Im Anschluss an meine kürzlich veröffentlichten Versuche über diesen Gegenstand¹⁾ hatte ich noch Gelegenheit, ein weiteres Mittel hinsichtlich seiner Wirkung auf die Erhaltung und Verbesserung minderwertigen Getreides zu prüfen.

Es handelte sich hierbei um das in der Patentschrift Nr. 270 909 (CONRAD BEYER, Cöln) ausgegebene „Verfahren zur Wiederbrauchbarmachung von feuchtem und dumpfigem Getreide“. Die Vorschrift besagt: „Man bestäubt das zu behandelnde Getreide mit einem Gemisch von gepulvertem, frisch geglühtem Calcium- oder Magnesiumoxyd und einer Bikarbonatverbindung, lässt dieses Pulver einige Zeit einwirken und entfernt es dann mechanisch. Die Oxyde ziehen begierig Feuchtigkeit aus den Getreidekörnern, indem sie sich in Hydrate verwandeln, gleichzeitig wird Wärme erzeugt, wodurch ein Teil der an das Bikarbonat gebundenen Kohlensäure frei wird und die Hydroxyde des Calciums oder Magnesiums in unschädliche Karbonate verwandelt werden. Die Calcium- und Magnesiumoxyde wirken gleichzeitig zerstörend auf schädliche Ammoniakverbindungen, die sich bei feuchtem Lager eventuell gebildet haben. Es findet somit auch eine gewisse Desinfektion des Getreides statt.“

Das von mir geprüfte Mittel wurde als fertiges Gemisch von der Firma ORTSIEFER & Co. m. b. H. Cöln-Sülz unter dem Namen „Getreideheil-Trockenpulver“ geliefert. Es war in einer Blechdose verpackt, deren Deckel durch Schlussstreifen luftdicht

¹⁾ Landw. Versuchs-Stationen Bd. 88 (1916), S. 399.

abgeschlossen wurde. Die Gebrauchsanweisung besagte, dass auf 100 Doppelzentner Getreide 40—50 kg Trockenpulver anzuwenden seien.

Die Auswahl für geeignete Versuchsstoffe war leider beschränkt. Es stand mir in grösserer Menge nur eine Probe eines mittelmässigen Saathafer zur Verfügung, die durch entsprechende Lagerung und Zuführung von Feuchtigkeit muffig und minderwertig gemacht wurde. Es wurden hierbei zwei Abstufungen vorgenommen.

I. Mässig feuchter Hafer. 850 g Saat wurden auf Tellern flach ausgebreitet, in einer grossen feuchten Kammer im Laboratorium aufgestellt und 10 Tage stehen gelassen. Während dieser Zeit wurden folgende Temperatur- und Feuchtigkeitsschwankungen beobachtet:

Datum 1916	8h morgens		12h mittags		6h abends		Tages- Schwankungen	
	Temperatur	Luftfeuchtigkeit ¹⁾	Temperatur	Luftfeuchtigkeit ¹⁾	Temperatur	Luftfeuchtigkeit ¹⁾	Maximum	Minimum
	° C.	%	° C.	%	° C.	%	° C.	° C.
12. Februar	—	100	19.5	95	15.0	100	—	—
13. "	20.0	100	17.0	92	18.5	90	20.0	16.5
14. "	16.0	100	18.5	90	19.2	90	19.2	13.0
15. "	18.5	100	20.2	88	20.5	90	21.1	18.5
16. "	17.4	100	19.3	90	21.2	90	21.5	12.5
17. "	17.4	100	20.5	89	20.4	91	21.5	14.0
18. "	17.5	100	19.2	92	20.0	91	20.6	14.4
19. "	17.4	100	18.6	93	17.3	98	20.4	13.5
20. "	15.4	100	16.9	95	17.2	95	19.5	15.2
21. "	15.6	100	17.2	93	17.0	94	18.7	11.0
22. "	14.2	100	16.2	92	16.5	92	17.5	14.2
23. "	15.0	100	—	—	—	—	—	—

Nach dieser Behandlung hatte der Hafer einen ausgesprochen muffigen Geruch nach schlechtem Stroh. Schimmelbildung war, makroskopisch wahrnehmbar, nur an den in der Saat befindlichen Hederichschoten und an einzelnen nackten Samen aufgetreten. Diese wurden entfernt.

¹⁾ Nach dem LAMBRECHTSchen Haar-Hygrometer.

II. Stark feuchter Hafer. 850 g Saat wurden mit 150 g H_2O übergossen und sehr sorgfältig vermischt, alsdann in einen Glaszylinder getan und luftdicht verschlossen. So lagerten sie gleichfalls 10 Tage bei den aus obiger Tabelle ersichtlichen Temperaturen. Beim Öffnen des Glases machte sich ein ausgesprochener Geruch nach Sauerteig bemerkbar, offenbar herührend von der durch den hohen Feuchtigkeitsgehalt begünstigten Bakterienentwicklung.

Diese beiden Proben dienten zur Durchführung der nachfolgenden Versuche. Der Versuchsplan war so angelegt, dass ein Teil der Saat in kleinen Leinensäckchen in einem trocknen Raume frei hing (über die dort herrschenden Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnisse gibt die auf S. 67 angeführte Tabelle Aufschluss), während ein anderer Teil in Gläsern mit paraffinierten Korkstopfen bei denselben Temperaturen aufbewahrt wurde. Die Untersuchung erfolgte nach 5 Tagen und nach 35 Tagen.

Von dem Trockenpulver wurden bei der mässig feuchten Saat (I) 0.5 g auf je 100 g Getreide angewandt; bei der stark feuchten Saat (II) 1.0 g auf je 100 g. Es sind dies für I die Höchstmengen, für II die doppelten Höchstmengen, die die Gebrauchsanweisung vorschreibt. Ich habe mit voller Absicht stärkere Gaben gewählt, um einen etwaigen Erfolg bei den mir zur Verfügung stehenden geringen Mengen von Versuchsstoff mit grösserer Sicherheit fassen zu können, ferner aber auch in der Überlegung, dass bei derartigen Laboratoriumsversuchen ganz allgemein höhere Gaben angebracht erscheinen als wie sie die Praxis erfordert.

Selbstverständlich lief mit jeder Versuchsreihe ein blinder Versuch („unbehandelt“), der im übrigen genau dieselbe Lagerung, Behandlung usw. erfuhr, nur nicht mit dem Trockenpulver untermischt wurde, denn es ist anders natürlich unmöglich festzustellen, wieviel bei etwaiger eintretender Änderung auf Rechnung der Lagerverhältnisse usw. oder auf die des Trockenpulvers zu setzen ist.

Die Untermischung des Trockenpulvers geschah in der Weise, dass das Getreide auf einem Bogen Papier flach ausgebreitet und dann mit dem Mittel überstreut wurde. Darauf wurde es nochmals kräftig durchgearbeitet und in die Säckchen bezw. Flaschen gefüllt. Auch die Vergleichsproben blieben die

gleiche Zeit ausgebreitet liegen und wurden in gleicher Weise und gleich lange durchgerührt, um auch ihnen zu ermöglichen, unter gleichen Verhältnissen Feuchtigkeit abzugeben.

Einige Schwierigkeiten bot die Entfernung des Trockenpulvers nach genügender Einwirkung. Da eine Präzisions-Windfuge, die eine genaue Regelung des Luftstroms ermöglicht hätte, nicht zur Verfügung stand, musste es genügen, die Samen durch kräftiges Sieben von dem anhaftenden Pulver zu befreien.

Es diente hierzu die in der hiesigen Samenkontrolle vielfach benutzte STEINECKERSche Siebvorrichtung mit elektrischem Antrieb. Die Geschwindigkeit beträgt 450—500 Touren in der Minute. Der Siebkasten blieb offen, ausserdem war, um die Körner heftiger zu bewegen, noch ein Querholz eingespannt. Die Siebdauer betrug 5 Minuten. Die Reinigung von dem Trockenpulver geschah auf diese Weise recht gründlich, wenn auch natürlich nicht zu verhindern war, dass die Saat einen grauen Anflug behielt. Aber auch mit der besten Windfuge dürfte sich dies m. E. nicht vollständig beseitigen lassen. Die nicht mit dem Mittel vermischten Vergleichsreihen wurden in derselben Weise gesiebt.

Was schliesslich das Mittel selbst betrifft, so ist es durch den eingangs wiedergegebenen Auszug aus der Patentschrift bereits hinreichend gekennzeichnet. Es sei noch erwähnt, dass auch dies Pulver einen ausgesprochenen Geruch nach verschiedenen Würzstoffen besass. Am hervorstechendsten war mir ein Geruch nach Fenchel und Anis. Also auch in diesem Fall sollte neben der trocknenden und desinfizierenden Wirkung des Mittels eine „Überdeckung“ des Dampferuchs durch die zugesetzten Riechstoffe stattfinden. Wird eine wirklich durchgreifende Verbesserung des Getreides erreicht, so ist gegen diese „Parfümierung“ nichts einzuwenden. Ist aber dies nicht der Fall, so kann sie nicht scharf genug verurteilt werden, wie ich in meiner früheren Arbeit schon ausgeführt habe.

Zur Beurteilung der Wirksamkeit des Mittels wurde natürlich in erster Linie die Veränderung des Wassergehalts herangezogen, ferner die Keimprüfung und zwar sowohl in Hinblick auf die Keimschnelligkeits-Zahl wie auf die Keimfähigkeit. Derartige Untersuchungen schienen für die Prüfung besonders geeignet, da sie erkennen liessen, ob das Mittel eine Weiterentwicklung der Schädigung, wie sie ein hoher Wasser-

gehalt bedingt, zu verhüten vermochte. Ferner wurde nach dem Beispiel von W. OETKEN¹⁾ das Gewicht der bei der Keimtriebkraft-Bestimmung gebildeten Pflanzenmasse ermittelt und zwar sowohl als Grünmasse wie als Trockensubstanz, um aus dem mehr oder minder kräftigen Wuchs vergleichende Schlüsse auf die Gesundheit der Saat zu ziehen. Leider boten diese Zahlen keine befriedigenden Unterlagen für eine entsprechende Beurteilung, wie aus den nachfolgenden Ausführungen und Tabellen ersichtlich ist.

Massgebend für sämtliche Untersuchungen waren die technischen Vorschriften des Verbandes landw. Versuchs-Stationen im Deutschen Reiche.

I. Mässig feuchter Hafer.

(Siehe die Tabelle auf S. 54.)

Der Feuchtigkeitsgehalt der Saat, der ursprünglich $10.73 \pm 0.04\%$ ²⁾ betrug, war durch die feuchte Lagerung auf $20.36 \pm 0.02\%$ gestiegen. Auch sonst war die Beschaffenheit sehr beeinträchtigt, wie eine Gegenüberstellung der Wertzahlen zeigt:

	Keim- schnelligkeit nach 4 Tagen %	Keimfähig- keit nach 10 Tagen %	Keimtrieb- kraft nach 10 Tagen %
Ausgangssaat (1/2) . . .	77.5 ± 1.2	88.3 ± 1.2	86.7 ± 0.5
Nach der Feuchtigkeitsauf- nahme (3/4).	64.3 ± 0.5	73.4 ± 0.8	71.0 ± 0.6
Unterschied:	-13.2 ± 1.3	-14.9 ± 1.4	-15.7 ± 0.8

Sämtliche hier auftretenden Unterschiede müssen auf Grund der ihnen zukommenden wahrscheinlichen Schwankungen als unbedingt sicher gelten. Trotzdem gelang es, durch trockne, luftige Lagerung die Schädigung wenigstens teilweise wieder auszugleichen, wie ein Vergleich der späteren Ergebnisse erkennen lässt:

¹⁾ W. OETKEN, Ein Beitrag zur Frage der Keimkraftbestimmung in natürlichen Keimbetten, FÜHLINGS Landw. Zeitung 1914, S. 235.

²⁾ Die wahrscheinlichen Schwankungen sind berechnet nach der Formel:

$$R = \frac{t \cdot 0.846}{\sqrt{n}}$$

I. Massig feuchter Hafer.

Lagerung		Be- handlung	Feuchtig- keitsgehalt %	Keimung		Keimtriebkraft nach 10 Tagen				
Art	Zeit			Nummer	Keim- schnellig- keit nach 4 Tagen %	Keim- fähigkeit nach 10 Tagen %	Nummer	Zahl der gesunden und kräftigen Keim- pflanzen %	Erzeugte Pflanzen- masse, grün g	Erzeugte Pflanzen- masse, Trocken- substanz g
—	—	vollständig unbehandelt	10.73 ± 0.04	1	77.5 ± 1.2	88.3 ± 1.2	2	86.7 ± 0.5	6.43 ± 0.029	0.50 ± 0.005
—	—	unmittelbar nach der Feuchtig- keits- aufnahme	20.36 ± 0.02	3	64.3 ± 0.5	73.4 ± 0.8	4	71.0 ± 0.6	6.99 ± 0.346	0.44 ± 0.015
In Säcken freihängend	5 Tage	unbehandelt	12.86 ± 0.05	11	74.3 ± 1.1	79.3 ± 1.2	12	67.3 ± 0.8	6.32 ± 0.020	0.45 ± 0.003
	5 "	behandelt	14.92 ± 0.05	7	76.5 ± 0.6	84.3 ± 0.3	8	79.0 ± 1.0	6.43 ± 0.620	0.47 ± 0.029
	35 "	unbehandelt	12.47 ± 0.01	13	73.5 ± 1.5	80.5 ± 0.3	14	77.3 ± 1.1	6.32 ± 0.213	0.48 ± 0.011
In Glas- flaschen unter Luftabschluss	35 "	behandelt	12.54 ± 0.06	9	74.0 ± 1.1	83.3 ± 1.0	10	77.3 ± 0.5	6.40 ± 0.151	0.48 ± 0.013
	5 Tage	unbehandelt	18.95 ± 0.05	19	68.8 ± 1.3	74.8 ± 1.3	20	71.5 ± 1.5	6.54 ± 0.049	0.47 ± 0.008
	5 "	behandelt	18.94 ± 0.05	15	71.4 ± 1.0	79.4 ± 0.7	16	76.0 ± 1.2	6.85 ± 0.167	0.48 ± 0.013
Luftabschluss	35 "	unbehandelt	19.32 ± 0.05	21	65.3 ± 1.6	72.8 ± 1.2	22	65.0 ± 2.0	5.71 ± 0.077	0.42 ± 0.011
	35 "	behandelt	19.13 ± 0.08	17	68.6 ± 1.1	80.3 ± 0.6	18	77.0 ± 2.3	6.09 ± 0.233	0.47 ± 0.018

Nr.	Behandlung und Zeit der Lagerung	Keimschnelligkeit		Keimfähigkeit		Keimtriebkraft	
		gekeimt	Ab- weichung gegen 3/4	gekeimt	Ab- weichung gegen 3/4	Gesunde Keim- pflanzen	Ab- weichung gegen 3/4
		%	%	%	%	%	%
3/4	s. oben	64.3 ± 0.5	—	73.4 ± 0.8	—	71.0 ± 0.6	—
11/12	5 Tage, frei gelagert	74.3 ± 1.1	$+ 10.0 \pm 1.1$	79.3 ± 1.2	$+ 5.9 \pm 1.4$	67.3 ± 0.8	$- 3.7 \pm 1.0$
13/14	35 Tage, frei gelagert	73.5 ± 1.5	$+ 9.2 \pm 1.6$	80.5 ± 0.3	$+ 7.1 \pm 0.9$	77.3 ± 1.1	$+ 6.3 \pm 1.3$

Mit Ausnahme der Keimtriebkraft nach 5 Tagen Lagerung war also überall eine einwandfrei festzustellende Besserung vorhanden. Aber auch jene Zahl vermag hierfür kein Gegengewicht zu schaffen, da das Minus in Rücksicht auf die zugehörige wahrscheinliche Schwankung zu gering ist, um eine wesentliche Beweiskraft zu besitzen.

Es wäre nun zu prüfen, welche Mehrwirkung hiergegen die Behandlung mit dem Trockenpulver zu erzielen vermochte.

Zunächst sind die Abweichungen im Feuchtigkeitsgehalt festzustellen und es mögen diese gleich im Zusammenhang mit den unter Luftabschluss gelagerten Versuchen untersucht werden.

Die Zusammenstellung ergibt folgendes Bild:

Beeinflussung des Feuchtigkeitsgehalts durch das Trockenpulver.

Versuch:		11/12: 7/8	13/14: 9/10	
		%	%	
Unbehandelt		12.86 ± 0.05	12.47 ± 0.01	Feuchtigkeit
Behandelt		14.92 ± 0.05	12.54 ± 0.06	"
Unterschied:		$+ 2.06 \pm 0.07$	$+ 0.07 \pm 0.06$	
Versuch:		19/20: 15/16	21/22: 17/18	
		%	%	
Unbehandelt		18.95 ± 0.05	19.32 ± 0.05	Feuchtigkeit
Behandelt		18.94 ± 0.05	19.13 ± 0.08	"
Unterschied:		$- 0.01 \pm 0.07$	$- 0.19 \pm 0.09$	

Während hiernach in drei Fällen von irgend einem Unterschied keine Rede sein kann, ist beim ersten Versuch der Feuchtigkeitsgehalt der behandelten Probe höher als der der unbehandelten. Dieser Umstand muss um so mehr auffallen, als auch bei der zweiten Versuchsreihe, wie später gezeigt wird, kein Unterschied besteht. In Hinblick auf diese Verhältnisse glaube ich mich zu der Annahme berechtigt, dass dieser Unterschied durch die Versuchsanstellung bedingt sein muss und ich glaube die Ursache darin erkannt zu haben, dass das Säckchen, in dem der Hafer für den Versuch 11/12 lagerte, etwas dünner und infolgedessen luftdurchlässiger war als das des Parallelversuches. Allerdings will ich nochmals erklären, dass diese Feststellung erst nachträglich gemacht wurde, während anfänglich die Säcke als gleich geachtet wurden. Aber ich wüsste für die vorliegende Erscheinung in Rücksicht auf die guten Übereinstimmungen der Einzelversuche keine andere Erklärung.

Man muss es also nach den vorliegenden Ergebnissen ablehnen, überhaupt von einer Wirkung des Trockenpulvers auf den Feuchtigkeitsgehalt der Saat zu sprechen, wenigstens soweit es die hier durchgeführten Versuche betrifft. Zu prüfen ist noch, wie die Keimfähigkeit und Keimtriebkraft beeinflusst wurden:

Beeinflussung des Keimvermögens durch das Trockenpulver.

a) Lagerung bei Luftzutritt, 5 Tage.

	Keim- schnelligkeit nach 4 Tagen %	Keimfähig- keit nach 10 Tagen %	Keimtrieb- kraft nach 10 Tagen %
Unbehandelt (11/12)	74.3 \pm 1.1	79.3 \pm 1.2	67.3 \pm 0.8
Behandelt (7/8)	76.5 \pm 0.6	84.3 \pm 0.3	79.0 \pm 1.0
Unterschied:	+ 2.2 \pm 1.3	+ 5.0 \pm 1.2	+ 11.7 \pm 1.3

b) Lagerung bei Luftzutritt, 35 Tage.

	Keim- schnelligkeit nach 4 Tagen %	Keimfähig- keit nach 10 Tagen %	Keimtrieb- kraft nach 10 Tagen %
Unbehandelt (13/14)	73.5 \pm 1.5	80.5 \pm 0.3	77.3 \pm 1.1
Behandelt (9/10)	74.0 \pm 1.1	83.3 \pm 1.0	77.3 \pm 0.5
Unterschied:	+ 0.5 \pm 1.9	+ 2.8 \pm 1.0	\pm 0.0 \pm 1.2

Man muss hiernach, wenigstens in der kürzeren Lagerzeit, eine günstige Wirkung auf die Keimfähigkeit und ganz besonders auf die Keimtriebkraft zugeben, während bei längerer Lagerzeit,

also bei fortschreitender Trocknung, die unbehandelte Probe die gleichen Ergebnisse lieferte wie die behandelte.

Bei Beurteilung der unter Luftabschluss gelagerten Versuchsreihe ist zunächst wieder die Entwicklung der unbehandelten Saat zu prüfen, wie sie sich aus nachstehender Aufstellung ergibt:

Nr.	Behandlung und Zeit der Lagerung	Keimschnelligkeit		Keimfähigkeit		Keimtriebkraft	
		gekeimt	Abweichung gegen 3/4	gekeimt	Abweichung gegen 3/4	Gesunde Keimpflanzen	Abweichung gegen 3/4
		%	‰	%	‰	%	‰
3/4	s. oben	64.3 ± 0.5	—	73.4 ± 0.8	—	71.0 ± 0.6	—
19/20	5 Tage, unter Luftabschluss gelagert	68.8 ± 1.3	$+ 4.5 \pm 1.4$	74.8 ± 1.3	$+ 1.4 \pm 1.5$	71.5 ± 1.5	$+ 0.5 \pm 1.7$
21/22	35 Tage, unter Luftabschluss gelagert	65.3 ± 1.6	$+ 1.0 \pm 1.7$	72.8 ± 1.2	$- 0.6 \pm 1.4$	65.0 ± 2.0	$- 6.0 \pm 2.1$

Wie diese Zahlen ausnahmslos bestätigen, hat unter den gewählten Lager- und Feuchtigkeitsbedingungen eine weitere Schädigung der Saat nicht stattgefunden und es bleibt noch übrig, auch hier wieder etwaige Einwirkungen des Trockenpulvers auf Keimfähigkeit und Keimtriebkraft festzustellen.

Beeinflussung des Keimvermögens durch das Trockenpulver.

c) Lagerung bei Luftabschluss, 5 Tage.

	Keimschnelligkeit nach 4 Tagen	Keimfähigkeit nach 10 Tagen	Keimtriebkraft nach 10 Tagen
	%	%	%
Unbehandelt (19/20)	68.8 ± 1.3	74.8 ± 1.3	71.5 ± 1.5
Behandelt (15/16)	71.4 ± 1.0	79.4 ± 0.7	76.0 ± 1.2
Unterschied:	$+ 2.6 \pm 1.6$	$+ 4.6 \pm 1.5$	$+ 4.5 \pm 1.9$

d) Lagerung bei Luftabschluss, 35 Tage.

	Keimschnelligkeit	Keimfähigkeit	Keimtriebkraft
	%	%	%
Unbehandelt (21/22)	65.3 ± 1.6	72.8 ± 1.2	65.0 ± 2.0
Behandelt (17/18)	68.6 ± 1.1	80.3 ± 0.6	77.0 ± 2.3
Unterschied:	$+ 3.3 \pm 1.9$	$+ 7.5 \pm 1.3$	$+ 12.0 \pm 3.0$

Das Bezeichnende bei diesen sämtlichen Zahlen ist, dass sich überall ein Plus zugunsten der Behandlung zeigt, und zwar ist weiter bemerkenswert, dass der Unterschied nach 5 Tagen noch sehr unsicher erscheint, nach 35 Tagen aber wenigstens bei der Keimfähigkeit mit aller Schärfe hervortritt und auch die Abweichungen bei der Keimtriebkraft mit $+12.0 \pm 3.0\%$ können gerade noch als sicher gestellt betrachtet werden.

Berücksichtigt man schliesslich noch die Summen aller Wertzahlen der behandelten gegenüber den nicht behandelten Proben, nämlich:

	Keim- schnelligkeit	Keim- fähigkeit	Keim- triebkraft
Summen aus unbehandelten Proben	281.9 ± 2.8	307.4 ± 2.2	281.1 ± 2.8
„ „ behandelten „	290.5 ± 1.9	347.3 ± 1.4	309.3 ± 2.8
	$+8.6 \pm 3.4$	$+39.9 \pm 2.6$	$+28.2 \pm 4.0$

so muss man einwandfrei eine günstige Wirkung der Behandlung anerkennen. Das Trockenpulver hat also in dem vorliegenden Versuch, ohne den Feuchtigkeitsgehalt selbst herabzumindern, eine Besserung der durch erhöhte Feuchtigkeitsgaben beeinträchtigten Keimfähigkeit und Keimtriebkraft bewirkt. Ob diese Besserung erheblich genug ist, um die Anwendung des Mittels für die Praxis empfehlenswert erscheinen zu lassen, bleibt hierbei natürlich eine offene Frage.

Es seien noch kurz die Veränderungen erwähnt, die die Proben ihrem Äussern nach, namentlich hinsichtlich des Geruchs, während der Lagerung erfahren hatten. Hierbei muss ganz allgemein hervorgehoben werden, dass die Parallelproben „behandelt“ und „unbehandelt“ untereinander deutlich greifbare Unterschiede nicht aufwiesen. Der dem frischen Pulver anhaftende Anisgeruch wurde bei den Getreideproben in keinem Fall wahrgenommen. Der unmittelbar nach der Feuchtigkeitsaufnahme festgestellte stark muffige Geruch war nach 5tägiger freier Lagerung sehr gemildert und nach 35 Tagen wieder ganz geschwunden. Bei den luftdicht abgeschlossenen Proben war nach 5 Tagen der Geruch bei „unbehandelt“ genau der gleiche wie am Tage der Einfüllung; „behandelt“ schien um ein Geringes besser. Nach 35tägiger Lagerung war in beiden Fällen gleichmässig ein ziemlich ausgeprägter Geruch nach Sauerteig vorhanden, der auf eine beginnende Bakterienentwicklung hinweist.

Schliesslich mögen noch die bei den Keimtriebkraft-Bestimmungen gewonnenen Pflanzenmassen in ihrem gegenseitigen

Verhältnis Erwähnung finden. Wie ein Blick auf die Ergebnisse zeigt, scheinen die ermittelten Gewichte der „Grünmassen“ ziemlich unregelmässig und zu feineren Unterscheidungen wenig geeignet. Auch die Summenbildungen der Parallelgruppen zeigen mit $+0.57 \pm 0.737$ für Grünmasse und $+0.08 \pm 0.052$ für Trockensubstanz keine Unterschiede zugunsten der behandelten Proben, so dass auch die Gewichte der Trockensubstanz für feinere Unterschiede nicht verwertbar erscheinen. Nur bei der stark abfallenden Probe Nr. 22 tritt ein deutliches Minus auf.

II. Stark feuchter Hafer.

(Siehe die Tabelle auf S. 60.)

Durch die Wasserzugabe war der Feuchtigkeitsgehalt dieser Probe um $12.44 \pm 0.09\%$, also auf $23.17 \pm 0.08\%$ gestiegen. Hierdurch, sowie durch den luftdichten Abschluss bei der anfänglichen Lagerung war bereits eine nicht unwesentliche Verschlechterung der Saat eingetreten, wie nachstehender Vergleich erkennen lässt:

	Keim- schnelligkeit nach 4 Tagen %	Keimfähig- keit nach 10 Tagen %	Keimtrieb- kraft nach 10 Tagen %
Ausgangssaat (1/2)	77.5 ± 1.2	88.3 ± 1.2	86.7 ± 0.5
Nach der Feuchtigkeitsauf- nahme (5/6)	72.0 ± 0.8	78.0 ± 0.8	75.5 ± 1.5
Unterschied:	-5.5 ± 1.4	-10.3 ± 1.4	-11.2 ± 1.6

Im Gegensatz zu der mässig feuchten Probe konnte die hier erfolgte Schädigung nicht wieder durch eine trockne Lagerung bei Luftzutritt ausgeglichen werden, sondern blieb dauernd von Bestand, wie aus den nachstehenden Befunden hervorgeht:

Nr.	Behandlung und Zeit der Lagerung	Keimschnelligkeit		Keimfähigkeit		Keimtriebkraft	
		gekeimt	Ab- weichung gegen 5/6	gekeimt	Ab- weichung gegen 5/6	Gesunde Keim- pflanzen	Ab- weichung gegen 5/6
		%	%	%	%	%	%
5/6	s. oben	72.0 ± 0.8	—	78.0 ± 0.8	—	75.5 ± 1.5	—
23/24	5 Tage, frei gelagert	74.3 ± 0.8	$+2.3 \pm 1.1$	80.3 ± 1.0	$+2.3 \pm 1.3$	69.0 ± 0.6	-6.5 ± 1.6
29/29 a	35 Tage, frei gelagert	72.3 ± 2.2	$+0.3 \pm 2.3$	76.3 ± 1.6	-1.7 ± 1.8	58.0 ± 2.3	-19.5 ± 2.7

II. Stark feuchter Hafer.

Lagerung		Be- handlung	Feuchtig- keitsgehalt %	Keimung				Keimtriebkraft nach 10 Tagen		
Art	Zeit			Nummer	Keim- schnellig- keit nach 4 Tagen %	Keim- fähigkeit nach 10 Tagen %	Nummer	Zahl der gesunden und kräftigen Keim- pflanzen %	Erzeugte Pflanzen- masse, grün g	Erzeugte Pflanzen- masse, Trocken- substanz g
—	—	Ausgangs- saat	10.73 ± 0.04	1	77.5 ± 1.2	88.3 ± 1.2	2	86.7 ± 0.5	6.43 ± 0.029	0.50 ± 0.005
—	—	unmittelbar nach der Feuchtig- keits- aufnahme	23.17 ± 0.08	5	72.0 ± 0.8	78.0 ± 0.8	6	75.5 ± 1.5	6.02 ± 0.390	0.40 ± 0.024
In Säckchen freihängend	5 Tage	unbehandelt	15.33 ± 0.06	27	74.3 ± 0.8	80.3 ± 1.0	28	69.0 ± 0.6	5.73 ± 0.704	0.40 ± 0.050
	5 "	behandelt	15.18 ± 0.03	23	71.8 ± 0.4	78.4 ± 0.5	24	65.5 ± 0.9	5.65 ± 0.245	0.39 ± 0.018
	35 "	unbehandelt	12.72 ± 0.02	29	72.3 ± 2.2	76.3 ± 1.6	29a	56.0 ± 2.3	3.80 ± 0.132	0.29 ± 0.011
In Glas- flaschen unter Luftabschluss	35 "	behandelt	12.85 ± 0.02	25	73.8 ± 1.2	77.8 ± 0.9	26	59.3 ± 2.2	4.23 ± 0.128	0.33 ± 0.008
	5 Tage	unbehandelt	23.25 ± 0.06	34	76.6 ± 0.5	82.2 ± 0.4	35	72.7 ± 1.8	6.71 ± 0.390	0.47 ± 0.024
	5 "	behandelt	23.19 ± 0.09	30	65.6 ± 1.8	76.0 ± 1.3	31	54.5 ± 1.5	5.48 ± 0.338	0.38 ± 0.020
In Glas- flaschen unter Luftabschluss	35 "	unbehandelt	23.09 ± 0.04	36	7.8 ± 0.3	10.8 ± 0.3	37	3.3 ± 0.4	0.27 ± 0.045	0.02 ± 0.007
	35 "	behandelt	23.15 ± 0.04	32	4.2 ± 0.6	6.2 ± 0.7	33	3.0 ± 0.5	0.20 ± 0.060	0.02 ± 0.003

Es sind hiernach die auftretenden Unterschiede bei der Keimschnelligkeit sowohl wie bei der Keimfähigkeit so geringfügig, dass ihnen irgend eine Beweiskraft nicht zugemessen werden kann. Anders dagegen bei der Keimtriebkraft. Schon der Unterschied von $-6.5 \pm 1.6\%$ nach 5 Tagen kann gerade als sicher gelten und der Unterschied von $-19.5 \pm 2.7\%$ nach 35 Tagen muss als völlig einwandfrei angesehen werden. Die einmal eingeleitete Schädigung ist also zweifellos weiter fortgeschritten, wenn dies auch durch die Keimzahlen allein noch nicht zum Ausdruck kommt.

Von besonderem Wert ist es zu prüfen, wie unter diesen Verhältnissen das Trockenpulver gewirkt hat.

Beeinflussung des Keimvermögens durch das Trockenpulver:

a) Lagerung bei Luftzutritt, 5 Tage.

	Keim- schnelligkeit nach 4 Tagen ‰	Keimfähig- keit nach 10 Tagen ‰	Keimtrieb- kraft nach 10 Tagen ‰
Unbehandelt (27/28) . . .	74.3 ± 0.8	80.3 ± 1.0	69.0 ± 0.6
Behandelt (23/24) . . .	71.8 ± 0.4	78.4 ± 0.5	65.5 ± 0.9
Unterschied:	-2.5 ± 0.9	-1.9 ± 1.1	-3.5 ± 1.1

b) Lagerung bei Luftzutritt, 35 Tage.

	Keim- schnelligkeit nach 4 Tagen ‰	Keimfähig- keit nach 10 Tagen ‰	Keimtrieb- kraft nach 10 Tagen ‰
Unbehandelt (29/29a) . . .	72.3 ± 2.2	76.3 ± 1.6	56.0 ± 0.6
Behandelt (25/26) . . .	73.8 ± 1.2	77.8 ± 0.9	59.3 ± 2.2
Unterschied:	$+1.5 \pm 2.5$	$+1.5 \pm 1.8$	$+3.3 \pm 3.2$

Im einen Fall haben also die behandelten, im anderen Fall die unbehandelten Proben besser abgeschnitten, aber ausnahmslos sind die Unterschiede, bewertet durch die ihnen zukommenden wahrscheinlichen Schwankungen, so gering, dass von einer wirklichen Überlegenheit nach der einen oder andern Richtung hin keine Rede sein kann.

Man muss also sagen, dass bei einem höheren Feuchtigkeitsgehalt bzw. bei stärkerer Schädigung der Saat das Trockenpulver wirkungslos gewesen ist.

Ebenso verhält es sich mit der Beeinflussung des Feuchtigkeitsgehalts, worauf schon bei der ersten Versuchsreihe hingewiesen wurde.

Es seien hier der Vollständigkeit halber noch die genauen Zahlen aufgeführt, gleichfalls wieder im Zusammenhang mit den Versuchen unter Luftabschluss:

**Beeinflussung des Feuchtigkeitsgehalts durch das
Trockenpulver:**

Versuch:		27/28 : 23/24	29/29 a : 25/26	
		$\%$	$\%$	
Unbehandelt		15.33 ± 0.06	12.72 ± 0.02	Feuchtigkeit
Behandelt		15.18 ± 0.03	12.85 ± 0.02	"
Unterschied:		$- 0.15 \pm 0.07$	$+ 0.13 \pm 0.03$	
Versuch:		34/35 : 30/31	36/37 : 32/33	
		$\%$	$\%$	
Unbehandelt		23.25 ± 0.06	23.09 ± 0.04	Feuchtigkeit
Behandelt		23.19 ± 0.09	23.15 ± 0.04	"
Unterschied:		$- 0.06 \pm 0.11$	$+ 0.06 \pm 0.06$	

Wenn auch beim zweiten Versuch (29/29 a : 25/26) wieder ein unbedeutendes Mehr zu ungunsten der behandelten Probe auftritt, so wird doch wohl niemand dieser geringen Abweichung irgend eine Bedeutung beilegen, so dass sie nicht weiter in Frage kommt.

Es bestätigt sich also hier die bereits bei der ersten Versuchsreihe gefundene Tatsache, dass das Trockenpulver den Feuchtigkeitsgehalt der Saat nicht herabzumindern vermochte.

Die Wirkung des Luftabschlusses auf die Saat ist aus nachstehender Aufstellung ersichtlich:

Nr.	Behandlung und Zeit der Lagerung	Keimschnelligkeit		Keimfähigkeit	
		gekeimt	Abweichung gegen 5/6	gekeimt	Abweichung gegen 5/6
		$\%$	$\%$	$\%$	$\%$
5/6	s. oben	72.0 ± 0.8	—	78.0 ± 0.8	—
34/35	5 Tage, unter Luft- abschluss gelagert	76.6 ± 0.5	$+ 4.6 \pm 0.9$	82.2 ± 0.4	$+ 4.2 \pm 0.9$
36/37	35 Tage, unter Luft- abschluss gelagert	7.8 ± 0.3	$- 64.2 \pm 0.9$	10.8 ± 0.3	$- 67.2 \pm 0.9$

Nr.	Behandlung und Zeit der Lagerung	Keimtriebkraft	
		gekeimt	Abweichung gegen 5/6
		%	%
5/6	s. oben	75.5 ± 1.5	—
34/35	5 Tage, unter Luftabschluss gelagert	72.7 ± 1.8	— 2.8 ± 2.3
36/37	35 Tage, unter Luftabschluss gelagert	3.3 ± 0.4	— 72.2 ± 1.6

Auffallend ist hierbei, dass die Keimfähigkeit nach 5 Tagen eine geringe Steigerung aufweist, sie erscheint jedoch unbedeutend, da sie durch die Keimtriebkraft nicht gestützt wird. Im Gegenteil, diese zeigt ein Minus, allerdings mit einer recht hohen wahrscheinlichen Schwankung. Es ist daher der Schluss berechtigt, dass die Saat innerhalb 5 Tagen keine weitere Veränderung erfahren hat. Sehr erheblich war dagegen die Schädigung nach 35 Tagen. Innerhalb dieser Zeit waren Keimfähigkeit sowohl wie Keimtriebkraft fast vollständig zerstört.

Unter diesen Bedingungen hätte das zu prüfende Mittel eine besonders gute Gelegenheit gehabt, seine verbessernde bzw. erhaltende Wirkung zu zeigen, und es soll nachstehend geprüft werden, wie es diese Erwartungen rechtfertigt.

Beeinflussung des Keimvermögens durch das Trockenpulver.

c) Lagerung bei Luftabschluss, 5 Tage.

	Keim- schnelligkeit nach 4 Tagen %	Keimfähig- keit nach 10 Tagen %	Keimtrieb- kraft nach 10 Tagen %
Unbehandelt (34/35) . . .	7.66 ± 0.5	82.2 ± 0.4	72.7 ± 1.8
Behandelt (30/31) . . .	65.6 ± 1.8	76.0 ± 1.3	54.5 ± 1.5
Unterschied:	— 11.0 ± 1.9	— 6.2 ± 1.4	— 18.2 ± 2.3

d) Lagerung bei Luftabschluss, 35 Tage.

	Keim- schnelligkeit nach 4 Tagen %	Keimfähig- keit nach 10 Tagen %	Keimtrieb- kraft nach 10 Tagen %
Unbehandelt (36/37) . . .	7.8 ± 0.3	10.8 ± 0.3	3.3 ± 0.4
Behandelt (32/33) . . .	4.2 ± 0.6	6.2 ± 0.7	3.0 ± 0.5
Unterschied:	— 3.6 ± 0.7	— 4.6 ± 0.8	— 0.3 ± 0.6

Diese Zahlen sind ausserordentlich bedeutungsvoll. Während bei der mässig feuchten Probe überall eine günstige Wirkung eingetreten war, zeigt sich hier ausnahmslos ein Minus. Ganz besonders scharf tritt dies nach 5 tägiger Lagerung hervor, namentlich für die Keimtriebkraft, während nach längerer Zeit die Schädigung allgemein so weit vorgeschritten war, dass die Unterschiede naturgemäss geringer werden mussten. Immerhin sind sie auch hier noch bei der Keimschnelligkeit mit der 5.1 fachen und bei der Keimfähigkeit mit der 5.8 fachen wahrscheinlichen Schwankung durchaus sicher gestellt. Bei der Keimtriebkraft dagegen trat nach 35 Tagen kein Unterschied mehr hervor. Sie war in beiden Fällen so gut wie ganz erloschen.

Man ist nach diesen Ergebnissen für den vorliegenden Versuch zu dem Schluss gezwungen, dass das Trockenpulver schädigend auf die Keimfähigkeit und die Keimtriebkraft gewirkt hat. Diese Tatsache muss nach den bisherigen Ergebnissen ausserordentlich überraschen, sie erklärt sich jedoch durchaus zwanglos durch folgende Überlegung.

Wie eingangs ausgeführt wurde, besteht das Trockenpulver aus einem Gemisch von Calciumoxyd und einem Bikarbonat (Natrium-), also einer Substanz mit basischer Reaktion. Nun lieben bekanntlich die Bakterien einen alkalischen Nährboden und es ist vorauszusehen, dass sie beim Vorhandensein eines solchen sich üppiger entwickeln. Diese Annahme wird gestärkt durch die äusserlich an der Probe gemachten Beobachtung, dass die behandelte Probe einen stärkeren Geruch nach Buttersäure zeigte als die nicht behandelte, was ebenfalls auf eine stärkere Bakterientätigkeit hinweist. Auch wird eine erhöhte Wärmebildung mitgewirkt haben. Dass die gleiche Erscheinung nicht schon bei den früheren Versuchen aufgetreten ist, vermag diese Anschauung nicht zu entkräften, denn in allen jenen Fällen waren die übrigen Bedingungen, namentlich der Feuchtigkeitsgehalt, der Bakterienentwicklung nicht in gleichem Masse günstig wie hier. Es muss also angenommen werden, dass das zugesetzte Mittel unter den hier vorliegenden besonderen Bedingungen durch Begünstigung der Bakterienentwicklung mittelbar eine Schädigung des Getreides verursachte.

Was die äusseren Veränderungen der Proben während der Lagerung betrifft, so verdient ganz besonders hervorgehoben zu werden, dass auch bei den frei gelagerten Proben nach

5 Tagen die behandelte noch einen etwas stärkeren Geruch nach Sauerteig zeigte als die unbehandelte. Die Aufzeichnungen sagen hierüber:

Nr. 23/24 behandelt: Ausgesprochener Geruch nach Sauerteig, nicht voll so stark sauer wie beim Einfüllen.

Nr. 27/28 unbehandelt: Geringer Geruch nach Sauerteig, merklich schwächer als beim Einfüllen.

Es bestätigen also auch diese Befunde die vorhin ausgesprochene Annahme.

Nach 35 Tagen wurden die beiden frei gelagerten Proben als „geruchfrei“ angesprochen. Unterschiede waren nicht festzustellen.

Über die Unterschiede hinsichtlich des Geruchs bei den luftdicht verschlossenen Proben wurde vorhin bereits gesprochen. Es muss nur noch erwähnt werden, dass die nach 5 Tagen auftretenden Unterschiede zu ungunsten der behandelten Probe sich nach 35 Tagen verwischt hatten. Beide Proben hatten dann einen ausserordentlich starken Geruch nach Buttersäure; es liessen sich jedoch, wie gesagt, Abstufungen nicht feststellen. Ein Geruch nach irgend welchen Gewürzstoffen wie Anis, Fenchel usw. war auch bei dieser Versuchsreihe in keinem Fall wahrnehmbar.

Die Gewichte der erzeugten Pflanzenmassen gaben auch diesmal für feinere Abweichungen keine befriedigenden Unterlagen. Trotz aller erdenklichen Vorsicht, die bei Ausführung der Versuche angewandt wurde, namentlich um gleichmässige Saattiefe, gleichmässige Dichte der bedeckenden Sandschicht und gleichmässigen Feuchtigkeitsgehalt zu erzielen, leiden die Zahlen an zu hohen wahrscheinlichen Schwankungen. Es scheint mir notwendig, um dies Verfahren zu einem brauchbaren Wertmesser auszubauen, mit weit grösseren Massen zu arbeiten als dies allgemein üblich ist. Hierdurch aber leidet andererseits wieder die Anwendbarkeit als Laboratoriumsversuche.

Wenn es auch wünschenswert erscheint, die vorstehenden Versuche in mancher Beziehung zu ergänzen und auszubauen, habe ich doch geglaubt, die bisherigen Ergebnisse schon jetzt veröffentlichen zu sollen, zumal sie immerhin bereits einen Einblick geben in das, was man von dem geprüften Mittel er-

warten kann und darf und so vor übertriebenen Ansprüchen und Hoffnungen schützen.

Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchungen lassen sich kurz in folgende Sätze zusammenfassen:

1. Eine merkliche Herabminderung des Feuchtigkeitsgehalts wurde durch das geprüfte Trockenpulver in keinem Fall erzielt.
2. Bei Hafer mit mässig gesteigertem Feuchtigkeitsgehalt wirkte das Trockenpulver günstig auf Keimfähigkeit und Keimtriebkraft. Die Wirkung war jedoch nur gering und es erscheint fraglich, ob sie praktisch überhaupt von Bedeutung ist.
3. Bei Hafer mit hohem Feuchtigkeitsgehalt konnte dagegen überhaupt keine Wirkung festgestellt werden, wenn die Saat unter Luftzutritt lagerte.
4. Bei luftdicht gelagerter Saat mit hohem Feuchtigkeitsgehalt trat infolge Begünstigung der Bakterienentwicklung eine Schädigung von Keimfähigkeit und Keimtriebkraft ein.

**Temperatur- und Feuchtigkeitsschwankungen des Lagerraums
während der Versuchszeit.**

Datum 1916	8 h morgens		12 h mittags		6 h abends		Tages- Schwankungen	
	Temperatur ° C.	Luft- feuchtigkeit ¹⁾ %	Temperatur ° C.	Luft- feuchtigkeit ¹⁾ %	Temperatur ° C.	Luft- feuchtigkeit ¹⁾ %	Maximum ° C.	Minimum ° C.
23. Februar	—	—	—	—	17.0	34	—	—
24. "	17.0	36	17.5	55	16.2	55	18.5	11.2
25. "	16.2	50	16.9	62	16.2	62	18.0	15.0
26. "	17.0	53	17.0	59	17.0	60	18.2	16.2
27. "	17.0	58	17.0	62	17.0	68	19.7	16.9
28. "	17.0	60	17.0	61	17.0	64	18.4	15.5
29. "	17.0	61	17.0	65	17.0	65	18.5	17.0
1. März	17.0	64	17.0	65	17.5	67	19.0	16.7
2. "	17.5	63	17.9	66	18.0	70	19.0	17.8
3. "	18.0	62	18.0	67	18.2	70	19.8	18.0
4. "	18.5	64	18.5	68	18.5	66	20.0	18.5
5. "	18.0	61	18.0	62	18.1	64	20.0	18.0
6. "	18.0	57	18.0	63	18.2	62	20.0	18.0
7. "	18.5	57	18.0	62	18.1	61	20.0	18.1
8. "	17.8	57	18.0	61	18.0	63	20.0	17.7
9. "	18.0	60	18.0	64	18.0	62	19.2	18.0
10. "	18.0	60	18.1	64	18.0	65	19.5	17.8
11. "	18.2	61	18.1	61	18.0	60	19.6	17.8
12. "	18.0	60	18.0	60	18.0	62	19.4	18.0
13. "	18.0	58	18.2	64	18.2	62	19.4	17.8
14. "	19.0	60	19.0	63	19.0	64	20.0	18.2
15. "	18.5	61	18.5	64	18.2	63	19.5	18.0
16. "	19.0	61	19.0	63	19.0	65	20.0	18.5
17. "	19.0	61	19.0	64	19.0	64	19.8	18.7
18. "	19.0	60	19.0	66	19.0	66	20.0	19.0
19. "	19.2	62	19.6	66	19.2	65	20.0	19.2
20. "	20.0	60	20.0	64	20.0	64	20.5	19.5
21. "	20.0	62	20.0	65	19.2	60	20.3	19.2
22. "	19.8	58	20.0	64	19.3	59	20.2	19.2
23. "	19.0	56	18.8	58	18.2	55	19.8	18.0
24. "	18.2	56	18.1	59	18.2	60	19.0	17.2
25. "	18.0	55	18.1	59	18.2	60	19.0	18.0
26. "	18.5	56	18.2	60	18.2	60	19.2	18.2
27. "	18.0	54	18.7	60	18.3	60	19.3	18.0
28. "	18.5	56	19.0	60	19.0	63	20.0	18.3

¹⁾ Nach dem LAMBRECHTSchen Haar-Hygrometer.

Mitteilung der landw. Versuchsstation Rostock i. M.

Der Einfluss der Lagerbedingungen auf frisches Getreide (Roggen).

Von

M. HEINRICH.

Bereits in einer früheren Arbeit¹⁾ habe ich mich eingehend mit der Einwirkung der Lagerverhältnisse auf verschiedene Sämereien beschäftigt. Bei jenen Versuchen handelte es sich um Saaten, die völlig ausgereift waren (Totreife) und auch durch längeres Lagern ihre volle Keimreife erlangt hatten. Dadurch wurde die Frage nahe gelegt, wie sich demgegenüber ganz frische Saat unter verschiedenen Lagerbedingungen entwickeln würde.

Zunächst ist anzunehmen, dass die Entwicklung um so günstiger sein wird, je mehr die Lagerbedingungen die Nachreife begünstigen. Dies geschieht in erster Linie durch ein Austrocknen der Saat, wie u. a. die Arbeiten von ALEXANDER MÜLLER,^{2) 3)} LUCANUS,⁴⁾ ATTERBERG,⁵⁾ J. F. HOFFMANN⁶⁾ und

¹⁾ Der Einfluss der Luftfeuchtigkeit, der Wärme und des Sauerstoffs der Luft auf lagerndes Saatgut. Landw. Versuchs-Stationen Bd. 81 (1913), S. 289 ff.

²⁾ ALEXANDER MÜLLER, Über Trocknung des Getreides. Landw. Versuchs-Stationen Bd. 2 (1860), S. 217 ff.

³⁾ Derselbe, Über Getreidetrocknung. Landw. Versuchs-Stationen Bd. 10 (1868), S. 188 ff.

⁴⁾ B. LUCANUS, Über den Einfluss der Reife und der Nachreife auf die Keimungs- und Vegetationskraft der Roggenkörner. Landw. Versuchs-Stationen Bd. 4 (1862), S. 253 ff.

⁵⁾ ALBERT ATTERBERG, Die Nachreife des Getreides. Landw. Versuchs-Stationen Bd. 67 (1907), S. 129 ff.

⁶⁾ J. F. HOFFMANN, Das Versuchs-Kornhaus und seine wissenschaftlichen Arbeiten, 1904.

L. KIESSLING¹⁾ gezeigt haben. Andererseits hatte E. HOTTER²⁾ bewiesen, dass das Anwachsen der Keimfähigkeit, die Nachreife, auch bei fast vollständiger Behinderung der Austrocknung erfolgen kann.

Ferner wird ganz allgemein angenommen, dass Samen, die nicht gehörig nachgereift und ausgetrocknet sind, durchweg gegen ungünstige Lagerbedingungen weniger Widerstandskraft besitzen, als die keim- und lagerreifen Saaten.³⁾⁴⁾⁵⁾

Es werden sich demnach bei frischen Saaten zwei Wirkungen geltend machen: Einmal die Beeinflussung der Nachreife, und sodann die fördernde bzw. erhaltende und schädigende Einwirkung auf den Gesundheitszustand der Saat. In diesen beiden Richtungen werden die verschiedenen Lagerbedingungen einen sehr wechselnden Einfluss ausüben.

In der oben angeführten Literatur findet sich nun schon eine Anzahl von Versuchen über diesen Gegenstand. Es handelt sich jedoch meist um die Beobachtung über die Wirkung einer bestimmten Lagerung, während vergleichende Versuche über die Wirkung verschiedener Lagerbedingungen selten ausgeführt sind. Es schien daher angebracht, über diese für die Praxis ausserordentlich wichtigen Verhältnisse weitere Beiträge zu liefern.

Vorweg ist noch der Begriff „ganz frisches Getreide“ festzulegen, wie er in den nachfolgenden Versuchen aufzufassen ist, denn die Versuchsergebnisse werden naturgemäss ganz verschieden sein, je nachdem es sich um milchreife, gelbreife oder totreife Saat handelt und auch innerhalb dieser Gruppen werden sich viele Abstufungen finden.

Der zu nachstehenden Untersuchungen verwendete Roggen war unter günstigen Bedingungen gereift, in der Gelbreife geschnitten und sofort vom Felde weggedroschen. Wenige Tage darauf wurden die Prüfungen eingeleitet. Das Korn war noch etwas zäh, elastisch.

¹⁾ L. KIESSLING, Über die Trocknung der Getreide, mit besonderer Berücksichtigung der Gerste, (Dissertation) München 1906.

²⁾ E. HOTTER, Über die Vorgänge bei der Nachreife von Weizen. Landw. Versuchs-Stationen Bd. 40 (1892), S. 356 ff.

³⁾ NOBBE, Handbuch der Samenkunde S. 345.

⁴⁾ SCHINDLER, Die Lehre vom Pflanzenbau S. 83.

⁵⁾ J. F. HOFFMANN u. a., Die Sicherung der Getreideernte, 1915.

Für die Untersuchung massgebend waren überall die technischen Vorschriften des Verbandes landw. Versuchs-Stationen im Deutschen Reiche.¹⁾ Demnach wurde der Feuchtigkeitsgehalt durch 16stündiges Erhitzen auf 100° C. bestimmt. Als Keimbett diente ein auf der hiesigen Versuchs-Station vorkommender mittlerer Diluvial-Sand, die Samen wurden flach eingedrückt. Da bei den vorliegenden Versuchen z. T. eine ungenügende Keimreife in Frage kam, wurden überall vergleichende Keimversuche bei erniedrigter Temperatur ausgeführt.²⁾ Die Keimtriebkraft endlich wurde in demselben Sand ermittelt und zwar bei Bedeckung der Körner mit einer 3 cm hohen Sandschicht. Der Sand war angefeuchtet mit 60 % seiner wasserhaltenden Kraft und wurde dauernd auf diesem Feuchtigkeitsgrad gehalten. Die Schichtung war mässig fest und natürlich, soweit möglich, vollständig gleichmässig.

Um die bei den Keimtriebkraftversuchen im Laboratorium leicht eintretende Verkrustung der Oberfläche zu verhindern, wurde eine doppelte Lage passend geschnittenes Filtrierpapier auf den Sand gelegt und der Topf ausserdem mit einer Glasscheibe bedeckt. Nach dem Auflaufen müssen natürlich Papier und Glasscheibe entfernt werden, doch ist erfahrungsgemäss dann die Gefahr der Krusten- und Rissebildung nicht mehr so gross und, wenn sie wirklich in geringem Mafse eintritt, nicht mehr so gefährlich, da sie nur noch vereinzelte Nachzügler beeinflussen kann. Bis zum Auflaufen jedoch wird jede Verkrustung durch die geschilderte einfache Massnahme vollständig verhindert.

Durch die Einschaltung der Keimtriebkraft-Untersuchungen wurde es möglich, schon geringere Einflüsse auf das Saatgut zu erkennen, die bei ausschliesslicher Benutzung der Keimprüfungen sich leichter der Beobachtung entziehen konnten.

Über die weiteren Versuchsanordnungen ist noch folgendes zu bemerken:

Die unter Luftabschluss zu lagernden Samen wurden in entsprechend grossen Sammelgläsern aufbewahrt, die mit paraffinierten Korken verschlossen waren. Die Lagerung bei A. 1 (tagsüber erhöhte Temperatur) erfolgte im Thermostaten, der 8 Stunden

¹⁾ Landw. Versuchs-Stationen Bd. 81 (1919), S. 1 ff.

²⁾ Ebenda S. 14.

lang auf 35° C. eingestellt war, sich dann langsam auf 18° C. (Zimmertemperatur) abkühlte und sich auf dieser Höhe gleichmässig hielt. Die Abkühlung sowohl wie die Erwärmung dauerte jedesmal fast genau 1 Stunde, so dass die Samen täglich 10 Stunden bei erhöhter Temperatur zubrachten.

Bei der Versuchsreihe A. 2 lagerten die Samen im Laboratorium, bei annähernd gleichmässig 18° C., in einem isolierten Holzkasten. Hierdurch wurden namentlich alle plötzlichen Temperaturschwankungen verhindert.

Für die Versuchsreihe A. 3 schliesslich (erniedrigte Temperatur) wurden die Samen in einem kühlen Keller untergebracht, dessen Temperatur sich sehr gleichmässig auf 10° C. hielt. Die grössten beobachteten Schwankungen betrugen $\pm 3^{\circ}$ C. Auch hier wurde dieselbe Vorsichtsmassregel wie oben getroffen, um plötzliche Temperaturschwankungen zu vermeiden.

Schwieriger war die Unterbringung der bei freiem Luftzutritt zu lagernden Samen, wenigstens soweit die Lagerung in feuchter Luft erfolgen sollte. Hier war immer die Gefahr, dass bei schon geringen Temperaturschwankungen Niederschläge eintreten würden, die den Versuch dann in ungewolltem Sinne beeinflussen mussten. Auf kleine nach dieser Richtung hin eingetretene Unregelmässigkeiten, die sich trotz grösster Sorgfalt nicht vermeiden liessen, wird bei Besprechung der einzelnen Reihen hingewiesen werden.

Die Luftzufuhr war ganz allgemein so geregelt, dass die Samen in kleinen Leinenbeuteln frei aufgehängt wurden und zwar bei B. 1 a (tagsüber erhöhte Temperatur, trocken) in einem gut ventilierten Trockenschrank, der 10 Stunden, einschliesslich Erwärmung und Abkühlung, auf 35° C. eingestellt war, während der übrigen Zeit sich der Zimmertemperatur anpasste. Für den Parallelversuch bei feuchter Lagerung (B. 1 b) diente ein Keimkasten, der die gleichen Temperatureinstellungen erhielt.

Für die Versuchsreihen bei Zimmertemperatur hingen die Samen im Laboratorium und zwar bei „trocken“ (B. 2 a) frei im Zimmer, bei „feucht“ (B. 2 b) in einer im Zimmer aufgestellten feuchten Kammer. Diese war sehr geräumig und konnte durch Öffnen des Deckels ausgiebig gelüftet werden.

Für die Aufbewahrung bei erniedrigter Temperatur, trocken (B. 3 a) stand ein entsprechender Raum leider nicht zur Verfügung, denn der Keller, der benutzt werden musste, zeigte eine

durchschnittliche Luftfeuchtigkeit von 80—85 % nach dem LAMBRECHTSchen Polymeter, zeitweise sogar bis 90 % steigend. Diese Verhältnisse kann man als eigentlich „trocken“ nicht ansprechen. Sollte daher von künstlicher Durchlüftung mit getrockneter kalter Luft abgesehen werden, so mussten die vorliegenden Bedingungen genügen. Trotzdem der Versuchsplan hierdurch eine kleine Unregelmässigkeit erfährt, habe ich doch geglaubt, diese mit in den Kauf nehmen zu können, da ja ganz allgemein die günstige Wirkung einer gleichzeitig kalten, trocknen und luftigen Aufbewahrung bekannt ist. Somit bieten die hier gegebenen Verhältnisse eine ganz erwünschte Zwischenstufe über das Verhalten einer Saat mit etwas gesteigertem Feuchtigkeitsgehalt. Nichtsdestoweniger scheint es nach dem Versuchsausfall erwünscht, bei späteren Untersuchungen, die mit Getreide verschiedener Reifegrade in Aussicht genommen sind, die Reihe „kalt, trocken“ nicht fehlen zu lassen. — Die in feuchter Luft zu lagernden Samen (B. 3 b) hingen in einer feuchten Kammer, analog der Reife B. 2 b, die jedoch im Keller stand.

I. Beschaffenheit der Saat unmittelbar nach der Ernte.

Bei dem untersuchten Getreide handelte es sich um einen Petkuser Roggen, gewöhnliche Handelsware. Aussehn und Geruch waren in jeder Beziehung gesund und frisch. Der Reifezustand ist oben schon gekennzeichnet.

Die Untersuchungsbefunde bei Beginn der Versuche, Anfang August 1915, waren folgendermassen:

Feuchtigkeitsgehalt	16.41 \pm 0.04 % ¹⁾
1000-Korngewicht	30.8 \pm 0.2 g
Keimfähigkeit:	
bei 20° C. nach 3 Tagen . . .	62.2 \pm 1.3 %
" 10 " . . .	92.6 \pm 0.5 "
bei 10° C. nach 3 Tagen . . .	92.4 \pm 0.6 "
" 10 " . . .	96.8 \pm 0.6 "
Keimtriebkraft nach 10 " . . .	90.2 \pm 1.0 "

Nach diesen Ergebnissen war die Saat zweifelsohne als gesund und völlig einwandfrei anzusprechen. Auch die Aus-

¹⁾ Die wahrscheinlichen Schwankungen sind berechnet nach der Formel:

$$R = \frac{t \cdot 0.846}{\sqrt{n}}$$
 , bzw. nach dem Fehlerfortpflanzungsgesetz.

trocknung war schon ziemlich weit vorgeschritten, doch war die volle Keimreife noch nicht erlangt, wie der schleppende Keimungsverlauf bei der gewöhnlichen Keimungstemperatur von 20° C. sicher zeigt. Die Unterschiede in der Keimschnelligkeit nach 3 Tagen sowie beim Abschluss nach 10 Tagen geben, wie nachstehende Gruppierung zeigt, einwandfrei die für die mangelnde Keimreife bezeichnende Überlegenheit einer niedrigen Temperatur für die Keimung zu erkennen:

	Keimschnelligkeit nach 3 Tagen %	Keimfähigkeit nach 10 Tagen %
bei 10° C.	92.4 ± 0.6	96.8 ± 0.6
„ 20° C.	62.2 ± 1.3	92.6 ± 0.5
Unterschied:	30.2 ± 1.4	4.2 ± 0.8

Denn die hier auftretenden Unterschiede müssen auf Grund der ihnen zukommenden wahrscheinlichen Schwankungen unbedingt als sicher gestellt angesehen werden.

II. Entwicklung unter verschiedenen Lagerbedingungen.

A. Lagerung unter Luftabschluss.

1. Bei tagsüber erhöhter Temperatur (10 Stunden 35° C., 14 Stunden 18° C.).

(Siehe die Tabelle auf S. 75.)

Bei dieser Reihe ist zunächst das Verhalten der Feuchtigkeitszahlen beachtenswert. Es zeigt sich mit der Dauer des Versuchs eine Steigerung, doch ist das Mehr nicht in allen Fällen durch die den Zahlen zukommenden wahrscheinlichen Schwankungen sicher gestellt, nämlich bei der Beobachtung nach 4 Wochen; und auch der Unterschied nach 12 Wochen verliert durch die in diesem Fall hohe wahrscheinliche Schwankung sehr an Sicherheit. Im Durchschnitt jedoch ist eine Steigerung der Feuchtigkeitszahlen unverkennbar. Wie ist diese nun bei dem vollkommen luftdichten Abschluss der Samen zu erklären? Ein Wasserzutritt von aussen ist ausgeschlossen und ebenso auch Untersuchungsschwankungen. Es bleibt als Erklärung demnach nur eine durch die Atmung bedingte Wasserzunahme und gleichzeitig eine durch die Atmung und die Entwicklung von Mikroorganismen bedingte Stoffabnahme. Dieser letztere Umstand dürfte m. E. auch die vorkommenden Unregelmässigkeiten er-

II. Entwicklung unter verschiedenen Lagerbedingungen.

A. Lagerung unter Luftabschluss.

1. Bei tagüber erhöhter Temperatur.

Dauer der Lagerung	Feuchtigkeitsgehalt			1000-Korngewicht			Keimung bei 20° C.					
	%	Abweichung gegen Ausgangssaat o/o		g	Abweichung gegen Ausgangssaat g		N nummer	Keimschnelligkeit n. 3 Tagen		gekeimt o/o	Abweichung gegen Ausgangssaat o/o	Keimfähigkeit nach 10 Tagen
Ausgangssaat	16.41 ± 0.04	—	—	30.8 ± 0.2	—	—	1	62.2 ± 1.3	—	92.6 ± 0.5	—	—
2 Wochen	16.79 ± 0.04	+ 0.38 ± 0.06	—	30.8 ± 0.3	0.0 ± 0.4	4	4	85.0 ± 2.0	+ 23.8 ± 2.4	90.7 ± 1.7	—	1.9 ± 1.8
4 "	16.75 ± 0.11	+ 0.34 ± 0.12	—	30.5 ± 0.3	- 0.3 ± 0.4	31	31	32.7 ± 3.5	- 29.5 ± 3.7	86.0 ± 2.6	—	56.6 ± 2.6
6 "	16.80 ± 0.03	+ 0.39 ± 0.05	—	30.5 ± 0.1	- 0.3 ± 0.2	58	58	3.3 ± 0.4	- 58.9 ± 1.4	12.7 ± 2.2	—	79.9 ± 2.2
8 "	— ¹⁾	—	—	31.1 ± 0.3	+ 0.3 ± 0.4	85	85	0.0 ± 0.0	- 62.2 ± 1.3	0.7 ± 0.4	—	91.9 ± 0.6
10 "	17.17 ± 0.08	+ 0.76 ± 0.09	—	29.9 ± 0.2	- 0.9 ± 0.4	112	112	0.0 ± 0.0	- 62.2 ± 1.3	6.0 ± 0.6	—	86.6 ± 0.8
12 "	17.12 ± 0.19	+ 0.71 ± 0.19	—	30.3 ± 0.6	- 0.5 ± 0.6	139	139	0.0 ± 0.0	- 62.2 ± 1.3	0.0 ± 0.0	—	92.6 ± 0.5

Dauer der Lagerung	Keimung bei etwa 10° C.			Keimtriebkraft		
	N nummer	Keimschnelligkeit nach 3 Tagen		N nummer	gesunde Keimlinge nach 10 Tagen	
		gekeimt o/o	Abweichung gegen Ausgangssaat o/o		entwickelt o/o	Abweichung gegen Ausgangssaat o/o
Ausgangssaat	2	92.4 ± 0.6	—	3	90.2 ± 1.0	—
2 Wochen	5	84.7 ± 1.7	7.7 ± 1.8	6	80.7 ± 0.4	- 9.5 ± 1.1
4 "	32	36.7 ± 0.8	- 55.7 ± 1.0	33	46.0 ± 0.0	- 44.2 ± 1.0
6 "	59	9.3 ± 2.2	- 83.1 ± 2.3	60	7.3 ± 1.5	- 82.9 ± 1.8
8 "	86	0.0 ± 0.0	- 92.4 ± 0.6	87	0.0 ± 0.0	- 90.2 ± 1.0
10 "	113	0.0 ± 0.0	- 92.4 ± 0.6	114	4.0 ± 0.6	- 86.2 ± 1.2
12 "	140	0.0 ± 0.0	- 92.4 ± 0.6	141	0.0 ± 0.0	- 90.2 ± 1.0

¹⁾ Das Versagen eines Trockenschrankes machte leider eine Anzahl Trockenbestimmungen der Reihe nach 8 Wochen unbrauchbar. Mangel an Stoff verhinderte die Wiederholung der Reihe.

klären, indem durch zufälliges Auftreten einzelner besonders durch Mikroorganismen befallener Körner diese weitaus stärkeren Stoffverlust erlitten, womit gleichzeitig allerdings auch eine erhöhte Atmung verbunden ist.

Das 1000-Korngewicht ist während der ganzen Versuchszeit gleichmässig geblieben. Die Abweichungen liegen meist innerhalb der einfachen wahrscheinlichen Schwankung.

Sehr lehrreich sind die Keimzahlen dieser Reihe. Es ist zunächst eine Zunahme der Keimreife zu erkennen, obgleich den Samen keine Möglichkeit zum Austrocknen gegeben war, denn das Übergewicht der Keimung bei niedriger Temperatur gegenüber der bei Durchschnittstemperatur ist schon nach zwei Wochen voll geschwunden, wie die nachstehende Gegenüberstellung zeigt:

	Keimschnelligkeit nach 3 Tagen %	Keimfähigkeit nach 10 Tagen %
bei 10° C.	84.7 ± 1.7	92.7 ± 1.1
„ 20° C.	86.0 ± 2.0	90.7 ± 1.7
	<hr/> - 1.3 ± 2.6	<hr/> + 2.0 ± 2.0

Die hiernach auftretenden geringen Abweichungen nach oben wie nach unten müssen in Hinblick auf die zugehörigen wahrscheinlichen Schwankungen als nicht vorhanden angesehen werden.

Trotz dieser Zunahme der Keimreife ist aber doch schon eine Schwächung der Lebenskraft innerhalb dieser zwei Wochen festzustellen. Allerdings kommt diese weniger in der Abnahme der Keimfähigkeit zur Geltung, die mit $-1.9 \pm 1.8\%$ bzw. $-4.1 \pm 1.3\%$ keine Beweiskraft besitzt, sondern zunächst nur in einer Abnahme der Keimschnelligkeit bei der kalten Keimung ($-7.7 \pm 1.8\%$) und ganz besonders in dem Sinken der Keimtriebkraft um $9.5 \pm 1.1\%$. Es beweisen diese Zahlen wieder mit aller Entschiedenheit, dass die Beurteilung eines Saatguts ausschliesslich nach der Keimfähigkeit völlig unzureichend ist, dass vielmehr hierzu unbedingt weitere Faktoren wie Keimtriebkraft und Keimschnelligkeit herangezogen werden müssen.

Im weiteren Verlauf der Untersuchung nehmen die Keimfähigkeit und Triebkraft sehr schnell ab und zwar schrittweise

für die Keimfähigkeit (bei 10° C.):

0:2	2:4	4:6	Woche
96.8 ± 0.6 ‰	92.7 ± 1.1 ‰	50.0 ± 1.1 ‰	
92.7 ± 1.1 „	50.0 ± 1.1 „	17.3 ± 1.1 „	
— 4.1 ± 1.3 ‰	— 42.7 ± 1.6 ‰	— 32.7 ± 1.6 ‰	
6:8	8:10	10:12	Woche
17.3 ± 1.1 ‰	3.3 ± 0.4 ‰	2.7 ± 0.4 ‰	
3.3 ± 0.4 „	2.7 ± 0.4 „	0.0 ± 0.0 „	
— 14.0 ± 1.2 ‰	— 0.6 ± 0.6 ‰	— 2.7 ± 0.4 ‰	

für die Keimtriebkraft:

0:2	2:4	4:6	Woche
90.2 ± 1.0 ‰	80.7 ± 0.4 ‰	46.0 ± 0.0 ‰	
80.7 ± 0.4 „	46.0 ± 0.0 „	7.3 ± 1.5 „	
— 9.5 ± 1.1 ‰	— 34.7 ± 0.4 ‰	— 38.7 ± 1.5 ‰	
6:8	8:10	10:12	Woche
7.3 ± 1.5 ‰	0.0 ± 0.0 ‰	4.0 ± 0.6 ‰	
0.0 ± 0.0 „	4.0 ± 0.6 „	0.0 ± 0.0 „	
— 7.3 ± 1.5 ‰	+ 4.0 ± 0.6 ‰	— 4.0 ± 0.6 ‰	

Das geringe Mehr in der 10. Woche bei der Keimtriebkraft dürfte hier in Rücksicht auf den ganzen Verlauf der Reihe bedeutungslos sein. Im übrigen sind die Unterschiede bei den Beobachtungen der einzelnen Versuchszeiten so gross, dass sich überall deutliche Abstufungen zeigen, die durch die beigefügten wahrscheinlichen Schwankungen als sicher zu bewerten sind. Nur in der 8. zur 10. Woche ist in der Keimfähigkeit keine Änderung eingetreten.

Es besteht also eine regelmässige, schon in der zweiten Woche beginnende Abnahme der Keimkraft durch die gewählten Lagerbedingungen.

Vergleicht man diese Ergebnisse mit den früher von mir ermittelten Zahlen für einen völlig ausgereiften (totreifen) Roggen,¹⁾ der allerdings nur 14.07 ‰ Feuchtigkeit hatte und bei dauernd 30° C. lagerte, so ergibt sich folgende Gegenüberstellung:

Dauer der Lagerung	Keimfähigkeit des abgelagerten Roggens	Keimfähigkeit des frischen Roggens	Unterschied zugunsten des frischen Roggens
	‰	‰	‰
2 Wochen	79.8 ± 2.3	90.7 ± 1.7	+ 10.9 ± 2.9
4 „	30.0 ± 6.1	36.0 ± 2.7	+ 6.0 ± 6.6
6 „	8.8 ± 0.7	12.7 ± 2.2	+ 3.9 ± 2.3
8 „	0.5 ± 0.3	0.7 ± 0.4	+ 0.2 ± 0.5

¹⁾ a. a. O. S. 319.

Es ist hierbei die warme Keimung zugrunde gelegt, da diese auch bei den derzeitigen Versuchen angewandt wurde. Bei Heranziehung der kalten Keimung, die für den frischen Roggen als massgebend zu betrachten ist, ändert sich das Bild folgendermassen:

Dauer der Lagerung	Keimfähigkeit des abgelagerten Roggens %	Keimfähigkeit des frischen Roggens %	Unterschied zugunsten des frischen Roggens %
2 Wochen	79.8 ± 2.3	92.7 ± 1.1	$+ 12.9 \pm 2.5$
4 "	30.0 ± 6.1	50.0 ± 1.1	$+ 20.0 \pm 6.2$
6 "	8.8 ± 0.7	17.3 ± 1.1	$+ 8.5 \pm 1.3$
8 "	0.5 ± 0.3	3.3 ± 0.4	$+ 2.8 \pm 0.5$

Während also im ersten Fall die Unterschiede so gering sind, dass sie nach den ihnen zukommenden wahrscheinlichen Schwankungen als nicht bestehend angesehen werden müssen, erscheinen sie im zweiten überall als sicher gestellt, denn selbst der Unterschied nach 4 Wochen, der die 3.2fache wahrscheinliche Schwankung ausmacht, kann gerade noch als solcher angesprochen werden.

Hiernach hätte in allen Fällen der abgelagerte Roggen trotz des geringeren Feuchtigkeitsgehalts eine stärkere Beeinflussung durch den Luftabschluss bei gesteigerter Temperatur erfahren als frischer.

Dieses Ergebnis wird bestätigt durch die Untersuchungen einer weiteren Probe¹⁾ mit einem Feuchtigkeitsgehalt von 16.74 %, also fast genau soviel wie in dem vorliegenden Versuch. Unter denselben Bedingungen wie oben zeigte der Roggen von ursprünglich 97.5 ± 0.6 % Keimfähigkeit folgende Abnahmen:

Lagerung:	1	2	3	4	Wochen
Keimfähigkeit:	87.5 ± 0.9	65.0 ± 1.8	8.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	%

Etwas günstigere Zahlen für abgelagerten Roggen erhielten FILTER und LASCHKE²⁾ bei 30° C. unter Luftabschluss:

Lagerung:	2	4	6	8	10	12	14	Wochen
Keimfähigkeit:	90.75	80.75	56.00	35.50	12.75	1.0	0.0	%

¹⁾ a. a. O. S. 338.

²⁾ P. FILTER und W. LASCHKE, Vergleichende Versuche über den Einfluss von Temperatur und Aufbewahrungsart auf die Keimfähigkeit lagernder Sämereien. Landw. Jahrbücher Bd. 38 (1909), S. 759 ff.

Diese Autoren bezeichnen jedoch den Roggen als „luft-trocken“, ein Begriff, der ziemlich weiten Spielraum zulässt, wodurch sich die Abweichungen erklären dürften. Immerhin sind auch diese Zahlen noch wesentlich ungünstiger als die, die in diesem Versuch für frischen Roggen festgestellt wurden.

Es ist nun noch zu prüfen, ob durch die beiden angewandten Keimverfahren, bei 20° und 10° C. Keimungstemperatur, auch nach der Keimreife sich ein Vorzug des einen oder anderen Verfahrens ergeben hat.

Die Zahlen für die Keimschnelligkeit auf S. 75 zeigen ohne weiteres, dass erhebliche Abweichungen nicht bestehen; es mag daher genügen, aus dem Vergleich der Summen der Keimzahlen, natürlich unter Ausschluss der Ausgangssaat, nach-zuprüfen, ob im grossen Durchschnitt ein Unterschied vorliegt:

Keimschnelligkeit bei 10° C. . . .	130.7 ± 2.9	(Summe der Keimzahlen)
„ „ 20° „ . . .	122.0 ± 4.1	(„ „ „)
Unterschied:	8.7 ± 5.0	

Die Frage muss demnach für die Keimschnelligkeit ver-neint werden. Für die Keimfähigkeit dagegen zeigen sich folgende Unterschiede:

Lagerung:	2	4	6 Wochen
Keimfähigkeit bei 10° C.	92.7 ± 1.1 %	50.0 ± 1.1 %	17.3 ± 1.1 %
„ „ 20° „	90.7 ± 1.7 „	36.0 ± 2.6 „	12.7 ± 2.2 „
Unterschiede:	— 2.0 ± 2.0 %	— 14.0 ± 2.8 %	— 4.6 ± 2.5 %
Lagerung:	8	10	12 Wochen
Keimfähigkeit bei 10° C.	3.3 ± 0.4 %	2.7 ± 0.4 %	0.0 ± 0.0 %
„ „ 20° „	0.7 ± 0.4 „	6.0 ± 0.6 „	0.0 ± 0.0 „
Unterschiede:	— 2.6 ± 0.7 %	+ 3.3 ± 0.7 %	— 0.0 ± 0.0 %

Ein sicherer Unterschied zugunsten der kalten Keimung ist demnach nur nach 4 und 8 Wochen festgestellt, während nach 10 Wochen die warme Keimung ein geringes Übergewicht erhalten hat. Der nach 2 und 6 Wochen auftretende Unter-schied kann wegen der ihm zukommenden wahrscheinlichen Schwankung nicht als beweiskräftig gelten. Es ergibt sich hiermit ein Auf und Ab und es soll auch hier untersucht werden, ob sich aus den Summen der Keimzahlen ein sicherer Unter-schied für den allgemeinen Durchschnitt ableiten lässt:

Keimschnelligkeit bei 10° C. . . .	166.0 ± 2.0	(Summe der Keimzahlen)
" " 20° " . . .	146.1 ± 3.8	(" " ")
Unterschied: -19.9 ± 4.4		

Nach dieser Aufstellung ist nicht zu leugnen, dass für den vorliegenden Fall ein wenn auch nicht sehr bedeutender Unterschied zugunsten der kalten Keimung besteht.

Es mag zum Schluss noch die Ursache des ausserordentlich starken Keimungsrückganges bei dieser Versuchsreihe erörtert werden. Die Samen zeigten ganz allgemein nach den einzelnen Lagerungszeiten keine wesentlichen Veränderungen ihres Äusseren. Man konnte sie als etwas dunkler und praller, speckiger, ansprechen. Schimmelbildung war, äusserlich wahrnehmbar, bei keiner Probe vorhanden. Dagegen zeigte sich überall beim Öffnen der Gefässe ein leichtes Puffen, das auf reichliche Gasentwicklung hinwies. Ausserdem machte sich, mit der Zeit stärker, ein ausgesprochener Geruch anfänglich nach Sauerteig, später nach Buttersäure bemerkbar. Diese Erscheinung ist zweifelsohne auf die Tätigkeit von Bakterien zurückzuführen und es bestätigt sich hier die von mir früher¹⁾ ausgesprochene Ansicht, dass gerade eine üppige Bakterienentwicklung besonders schädlich für die Samen ist. Dass im Verhältnis hierzu eine ausserordentlich starke Schimmelpilzbildung die Saat lange nicht in gleichem Masse schädigt, werden die späteren Versuche dieser Arbeit zeigen.

2. Lagerung bei Zimmertemperatur (durchschnittlich 18° C.).

(Siehe die Tabelle auf S. 81.)

Der Feuchtigkeitsgehalt zeigt dasselbe Bild wie bei der ersten Reihe. Die Unterschiede zwischen den einzelnen Beobachtungszeiten sind unbedeutend und nach den ihnen zukommenden wahrscheinlichen Schwankungen als nicht vorhanden anzusehen. Wohl aber sind sie in grösseren Zwischenstufen mit einwandfreier Sicherheit festzustellen ($+ 0.85 \pm 0.07 \%$). Die Erklärung für diese Zunahme ist natürlich in demselben Grunde zu suchen wie bei der ersten Reihe.

Das 1000-Korngewicht ist gleichfalls während der ganzen Versuchsreihe unverändert geblieben.

¹⁾ A. a. O. S. 370.

II. Entwicklung unter verschiedenen Lagerbedingungen.

A. Lagerung unter Luftabschluss.

2. Bei Zimmertemperatur (Durchschnitt 18° C.).

Dauer der Lagerung	Feuchtigkeitsgehalt			1000-Korngewicht			Keimung bei 20° C.				
	%	Abweichung gegen Ausgangssaat %	g	g	Abweichung gegen Ausgangssaat g	Abweichung gegen Ausgangssaat %	Keimfähigkeit nach 3 Tagen		Keimfähigkeit nach 10 Tagen		Abweichung gegen Ausgangssaat %
							Nummer	gekeimt %	Abweichung gegen Ausgangssaat %	gekeimt %	
Ausgangssaat	16.41 ± 0.04	—	30.8 ± 0.2	—	—	—	1	62.2 ± 1.3	—	92.6 ± 0.5	—
2 Wochen ¹⁾	16.75 ± 0.10	+ 0.34 ± 0.11	29.3 ± 0.3	—	—1.5 ± 0.4	—	7	70.0 ± 0.0	—	92.0 ± 0.9	—0.6 ± 1.0
4 "	17.01 ± 0.04	+ 0.60 ± 0.06	30.8 ± 0.3	—	—0.2 ± 0.4	—	34	92.0 ± 0.0	—	95.3 ± 0.9	—2.7 ± 1.2
6 "	17.01 ± 0.04	— ²⁾	30.8 ± 0.3	—	—0.0 ± 0.4	—	61	90.7 ± 3.0	—	96.7 ± 1.1	+ 4.1 ± 1.2
8 "	17.16 ± 0.07	—	31.0 ± 0.5	—	+ 0.2 ± 0.5	—	88	90.2 ± 2.6	—	92.0 ± 2.0	—0.6 ± 2.1
10 "	17.26 ± 0.06	+ 0.75 ± 0.08	30.3 ± 0.2	—	—0.5 ± 0.3	—	115	73.3 ± 0.9	—	78.0 ± 2.0	—14.6 ± 2.1
12 "	17.26 ± 0.06	+ 0.85 ± 0.07	31.1 ± 0.6	—	+ 0.3 ± 0.6	—	142	80.7 ± 1.8	—	85.3 ± 1.1	—7.3 ± 1.2

Dauer der Lagerung	Keimung bei etwa 10° C.			Keimtriebkraft		
	Nummer	Keimfähigkeit nach 3 Tagen	Abweichung gegen Ausgangssaat %	Keimfähigkeit nach 10 Tagen	Abweichung gegen Ausgangssaat %	Abweichung gegen Ausgangssaat %
Ausgangssaat	2	92.4 ± 0.6	—	96.8 ± 0.6	—	—
2 Wochen ¹⁾	8	96.0 ± 1.1	+ 3.6 ± 1.3	98.0 ± 0.4	—	—0.2 ± 2.1
4 "	35	90.7 ± 1.1	—1.7 ± 1.3	93.3 ± 0.4	—	+ 4.5 ± 1.5
6 "	62	82.3 ± 1.2	—10.1 ± 1.3	94.0 ± 2.0	—	+ 2.6 ± 1.6
8 "	89	77.3 ± 0.4	—15.1 ± 0.7	96.0 ± 1.3	—	+ 3.8 ± 1.5
10 "	116	60.0 ± 1.3 ³⁾	—32.4 ± 1.4	83.3 ± 1.5	—	—11.5 ± 1.5
12 "	143	0.0 ± 0.0 ⁴⁾	—92.4 ± 0.6	88.7 ± 1.8	—	—22.2 ± 2.8

¹⁾ Infolge Stoffverlustes konnte von der ganzen Reihe nur je 1 Probe angesetzt werden. — ²⁾ Vergl. Anm. S. 75. — ³⁾ Nach 5 Tagen: 76.0 ± 2.0 %. — ⁴⁾ Nach 5 Tagen: 78.0 ± 0.6 %.

Die Keimfähigkeitszahlen lehren zunächst, dass unter den gegebenen Verhältnissen die volle Keimreife erst in 4 Wochen erreicht ist. Allerdings stellt das Ergebnis der zweiten Woche, wie in der Tabelle betont ist, nur einen einzelnen Versuch dar. Dieser aber fällt hinsichtlich seiner Keimschnelligkeit bei 20° C. so wesentlich niedriger aus als der folgende, was für die Beurteilung der Keimreife massgebend ist, dass es gestattet sein muss, hier einen sicheren Unterschied anzunehmen. Nach 4 Wochen jedoch ist eine Abweichung zwischen kalter und warmer Keimung nicht mehr vorhanden.

Eine Abnahme der Keimfähigkeit (und Keimtriebkraft) tritt hier erst in der 10. Woche ein, schreitet jedoch dann nicht weiter, sondern bleibt auf gleicher Höhe, denn die den Ergebnissen anhaftenden wahrscheinlichen Schwankungen lassen die Unterschiede in ihrer Gesamtheit als unwesentlich erkennen.

Lagerung		Keimschnelligkeit nach 3 Tagen	
		bei 10° C.	bei 20° C.
10 Wochen	. . . . .	60.0 ± 1.3 %	73.3 ± 0.9 %
12 "	. . . . .	0.0 ± 0.0 "	80.7 ± 1.8 "
		-- 60.0 ± 1.3 %	+ 7.4 ± 2.0 %
Lagerung		Keimfähigkeit nach 10 Tagen	
		bei 10° C.	bei 20° C.
10 Wochen	. . . . .	83.3 ± 1.5 %	78.0 ± 2.0 %
12 "	. . . . .	88.7 ± 1.8 "	85.3 ± 1.1 "
		+ 5.4 ± 2.3 %	+ 7.3 ± 2.3 %

Denn wenn hier auch scheinbar ein geringes Aufflackern der Keimfähigkeit vorliegt, so kann doch den Unterschieden, die nur das 2.3 bzw. 3.2 fache ihrer wahrscheinlichen Schwankungen betragen, eine durchgreifende Beweiskraft nicht zugesprochen werden. Dies gilt um so mehr, als die Keimtriebkraft dieses Ansteigen nicht mitmacht. Sie zeigt im Gegenteil eine fortschreitende Abnahme die gerade durch diesen Gegensatz einen besonderen Wert erhält, wenn sie auch in Rücksicht auf die ihr zukommende wahrscheinliche Schwankung nur gerade noch als sicher angenommen werden kann.

Keimtriebkraft nach 10 Wochen	. . . .	78.7 ± 1.1 %
"	" 12 "	68.0 ± 2.6 "
		Unterschied: — 10.7 ± 2.8 %

Der auffällige Rückgang in der Keimschnelligkeit bei kalter Keimung wird später (Seite 84) noch eingehend zu beleuchten sein.

Das Gesamtbild also, das diese Reihe in Bezug auf die Beeinflussung der Lebenskraft der Saat durch die vorliegende Lagerung bietet, ist folgendes:

Die Entwicklung zur vollen Keimreife geht langsam vor sich und ist erst in 4 Wochen erreicht. Dies ist durch die verlangsamte Keimung bei höherer Temperatur zu erkennen. Die Keimfähigkeit hält sich unverändert bis zur 8. Woche und ebenso die Keimtriebkraft. Von da an nehmen sie ab und zwar zeigt die Keimfähigkeit eine einmalige Abnahme, die zunächst stehen bleibt. Leider geht die Beobachtungszeit dann nicht weiter. Die Keimtriebkraft dagegen geht schrittweise zurück, wodurch eine weitere schädigende Wirkung auf die Lebenskraft zum Ausdruck kommt, wie sie durch die reinen Keimzahlen nicht ohne weiteres zu erkennen ist.

Ein Vergleich gegenüber abgelagertem Saatgut steht in wünschenswerter Übereinstimmung der bestimmenden Punkte leider nicht zur Verfügung. Um Näherungswerte zu geben, sei wieder der in einer früheren Arbeit benutzte Roggen von 14.07 % Feuchtigkeit herangezogen, der unter den gleichen Lagerbedingungen wie im vorliegenden Versuch im Vergleich nachstehende Werte lieferte:

Lagerung	2	4	6 Wochen
frischer Roggen . .	92.0 \pm — %	95.3 \pm 0.9 %	96.7 \pm 1.1 %
abgelagerter Roggen	97.8 \pm 0.4 "	97.8 \pm 0.8 "	96.3 \pm 0.6 "
	+ 5.8 \pm — %	+ 2.5 \pm 1.2 %	— 0.4 \pm 1.3 %
Lagerung	8	12	32 Wochen
frischer Roggen . .	92.0 \pm 2.0 %	85.3 \pm 1.1 %	— %
abgelagerter Roggen	96.5 \pm 0.4 "	—	85.5 \pm 1.3 "
	+ 4.5 \pm 2.0 %	—	—

Bis zur 8. Woche ist demnach ein sicherer Unterschied nicht vorhanden. Von da ab fehlen genaue Gegenüberstellungen. Der Umstand jedoch, dass die abgelagerte Saat erst nach 32 Wochen dieselbe Minderung der Keimfähigkeit zeigt wie die frische nach 12 Wochen, lässt auf eine grössere Widerstandskraft der ersteren schliessen. Allerdings muss nochmals betont werden, dass der Feuchtigkeitsgehalt um mehr als 2 % niedriger war, was gerade bei der vorliegenden Temperatur von ausschlaggebender Bedeutung sein dürfte.

Die hier festgestellte Keimkraft-Abnahme des frischen Roggens bereits nach 12 Wochen steht im Gegensatz zu den Ermittlungen von HOTTER,¹⁾ der für Weizen sogar bei $\frac{1}{2}$ jähriger Aufbewahrung unter Luftabschluss bei 15—20° C. keine Beeinträchtigung der Keimfähigkeit, wohl aber eine Zunahme der Keimreife festgestellt hat:

Tag	1. Sept. 1890 %	11. Sept. 1890 %	21. Sept. 1890 %	12. Okt. 1890 %	1. Nov. 1890 %	22. Nov. 1890 %	12. Dez. 1890 %	24. Jan. 1891 %
Feuchtigkeitsgehalt	18.63	17.43	17.57	17.98	17.56	—	17.03	—
Keimschnelligkeit nach 3 Tagen	43.75	33.50	51.25	50.00	76.25	76.25	73.00	89.25
Keimfähigkeit nach 10 Tagen	91.25	89.75	89.00	90.75	97.75	95.25	91.00	91.25

Nach früher von mir angestellten Versuchen²⁾ ist der Weizen gegen ungünstige Lagerbedingungen etwa gerade so empfindlich wie Roggen. Wenn daher bei den vorstehend erwähnten Untersuchungen von HOTTER eine grössere Widerstandskraft festgestellt wurde, so scheint hier entweder eine Sorteneigentümlichkeit vorzuliegen, oder aber das Getreide ist tatsächlich in früherem Reifestadium gegen Luftabschluss widerstandsfähiger. Auf diese Möglichkeit hatten schon die Ergebnisse der ersten Versuchsreihe hingedeutet und auch die vorhin behandelten Vergleiche zwischen frischem und abgelagertem Roggen vermögen keinen Gegenbeweis zu liefern, da jene Saat trockener war und aus diesem Grund eine geringere Beeinflussung naturgemäss erscheint. —

Es ist noch die starke Abnahme der Keimschnelligkeit bei 10° C. gegenüber der wärmeren Keimung zu besprechen. Hierbei muss betont werden, dass nur eine kurze Verzögerung vorliegt, denn wie die Bemerkung auf der Hauptliste (Seite 81) zeigt, haben nach 5 Tagen (12 Wochen Lagerung) bereits 78.0 ± 0.6 %, in derselben Zeit bei 10 Wochen Lagerung 76.0 ± 2.0 % gekeimt, so dass hier der Unterschied bereits völlig ausgeglichen ist. Auch ist zu bemerken, dass schon nach 3 Tagen die meisten Samen „gespitzt“ hatten, nur waren Keim und Würzelchen noch nicht soweit entwickelt, dass die Samen als „gekeimt“ dem Keimbett entnommen werden konnten. Ganz allgemein übrigens tritt in

¹⁾ a. a. O. S. 356.

²⁾ a. a. O. S. 369.

der Keimschnelligkeit bei 10° C. nach längerer Lagerung der Saat eine Herabminderung bzw. geringe Verlangsamung hervor gegenüber der wärmeren Keimung im Gegensatz zu der ersten Zeit nach der Ernte, wo der umgekehrte Fall vorherrscht.

Dass diese Erscheinung nicht schon bei der ersten Versuchsreihe (Lagerung bei tagsüber erhöhter Temperatur) hervorgetreten ist, erklärt sich durch das in diesem Fall ausserordentlich schnelle Erlöschen der Keimkraft, wodurch diese Begleiterscheinung vollständig verdeckt wurde.

Für die einzelnen Beobachtungszeiten ergeben sich folgende Vergleiche:

Lagerung	0	2	4 Wochen
Keimschnelligkeit bei 10° C.	92.4 ± 0.6 %	96.0 ± — %	90.7 ± 1.1 %
" " 20° C.	62.2 ± 1.3 "	70.0 ± — "	92.0 ± 0.0 "
	— 30.2 ± 1.4 %	— 26.0 ± — %	+ 1.3 ± 1.1 %
Lagerung	6	8 Wochen	
Keimschnelligkeit bei 10° C.	82.3 ± 1.2 %	77.3 ± 0.4 %	
" " 20° C.	90.7 ± 3.0 "	90.2 ± 2.6 "	
	+ 8.4 ± 3.2 %	+ 12.9 ± 2.6 %	
Lagerung	10	12 Wochen	
Keimschnelligkeit bei 10° C.	60.0 ± 1.3 %	0.0 ± 0.0 %	
" " 20° C.	73.3 ± 0.9 "	80.7 ± 1.8 "	
	+ 7.3 ± 1.6 %	+ 80.7 ± 1.8 %	

Hiernach tritt der Umschwung bereits in der 4. Woche ein. Das Minus hat sich in eine Gleichwertigkeit beider Verfahren gewandelt, die auch noch für die 8. Woche bestehen bleibt, während von da ab die warme Keimung die Oberhand gewinnt.

Ganz anders liegen die Verhältnisse für die Keimfähigkeit, wie die nachstehenden Gegenüberstellungen zeigen:

Lagerung	0	2	4 Wochen
Keimfähigkeit bei 10° C.	96.8 ± 0.6 %	98.0 ± — %	93.3 ± 0.4 %
" " 20° C.	92.6 ± 0.5 "	92.0 ± — "	95.3 ± 0.9 "
	— 4.2 ± 0.8 %	— 4.0 ± — %	+ 2.0 ± 1.0 %
Lagerung	6	8 Wochen	
Keimfähigkeit bei 10° C.	94.0 ± 2.0 %	96.0 ± 1.3 %	
" " 20° C.	96.7 ± 1.1 "	92.0 ± 2.0 "	
	+ 2.7 ± 2.3 %	— 4.0 ± 2.4 %	
Lagerung	10	12 Wochen	
Keimfähigkeit bei 10° C.	83.3 ± 1.5 %	88.7 ± 1.8 %	
" " 20° C.	78.0 ± 2.0 "	85.3 ± 1.1 "	
	— 5.3 ± 2.5 %	— 5.4 ± 2.1 %	

Hier liefert die kalte Keimung im Anfang und in der zweiten Woche höhere Ergebnisse. In allen anderen Fällen sind die Unterschiede aber so unbedeutend, dass sie in Rücksicht auf die ihnen anhaftenden wahrscheinlichen Schwankungen als überhaupt nicht vorhanden angesehen werden müssen. Beide Verfahren liefern also im Endergebnis völlig gleiche Werte.

3. Lagerung bei erniedrigter Temperatur (durchschnittlich 10° C.).

(Siehe die Tabelle auf S. 87.)

Es ist noch die letzte der unter Luftabschluss gelagerten Reihen zu behandeln.

Hinsichtlich des Feuchtigkeitsgehalts gilt dasselbe, was für die beiden anderen Reihen gesagt wurde. Es muss darauf hingewiesen werden, dass man hier eine grössere Gleichmässigkeit erwartet hätte, da bei der niedrigen Temperatur Atmung und Pilzentwicklung gehemmt werden. Offenbar aber war der Unterschied der Bedingungen doch nicht stark genug, um bei Gleichheit des Hauptfaktors, Feuchtigkeit, augenfällige Einflüsse in gedachtem Sinne zu erzielen.

Das 1000-Korngewicht blieb wieder unverändert.

Die Entwicklung der Keimreife war gegenüber der bei zeitweise erhöhter Temperatur gelagerten Reihe etwas zurückgeblieben, wie die Keimschnelligkeitszahlen bei 20° C. zeigen:

Keimschnelligkeit	f	bei tagüber erhöhter Temperatur gelagert	$86.9 \pm 2.0 \%$
nach 2 Wochen	{	„ erniedrigter Temperatur gelagert	$75.3 \pm 1.1 \%$
Unterschied: $-10.7 \pm 2.3 \%$			

Gleich dagegen ist die Entwicklung gegenüber der bei Zimmertemperatur gelagerten Reihe, soweit der einzelne Versuch einen Vergleich zulässt. In 4 Wochen war aber auch hier die volle Keimreife erreicht. Der nochmalige Rückgang in der Keimschnelligkeit nach 6 Wochen muss als eine Zufälligkeit angesehen werden, der eine Bedeutung nicht zukommt, zumal der dieser Zahl im Gegensatz zu den übrigen Ergebnissen anhaftende hohe wahrscheinliche Fehler ($\pm 2.6 \%$) eine Unregelmässigkeit vermuten lässt. Im übrigen zeigen die Versuche ausgezeichnete Gleichmässigkeit.

Es ist mithin bei allen drei Versuchsreihen, in denen die Samen unter Luftabschluss lagerten, also eine Feuchtigkeitsabgabe nicht möglich war, eine verhältnismässig schnelle Zu-

II. Entwicklung unter verschiedenen Lagerbedingungen.

A. Lagerung unter Luftabschluss.

3. Bei erniedrigter Temperatur.

Dauer der Lagerung	Feuchtigkeitsgehalt			1000-Korngewicht			Keimung bei 20° C.			
	%	Abweichung gegen Ausgangssaat		g	Abweichung gegen Ausgangssaat		Keimschnelligkeitn 3 Tagen		Keimfähigkeit nach 10 Tagen	
		o/o	o/o		g	g	gekeimt o/o	Abweichung gegen Ausgangssaat o/o	gekeimt o/o	Abweichung gegen Ausgangssaat o/o
Ausgangssaat		16.41 ± 0.04	—	30.8 ± 0.2	—	—	1 62.2 ± 1.3	—	92.6 ± 0.5	—
2 Wochen		16.76 ± 0.02	+ 0.35 ± 0.04	31.1 ± 0.3	+ 0.3 ± 0.4	—	10 75.3 ± 1.1	+ 13.1 ± 1.7	95.3 ± 0.9	+ 2.7 ± 1.0
4 "		16.75 ± 0.10	+ 0.34 ± 0.11	31.5 ± 0.1	+ 0.7 ± 0.2	—	37 92.0 ± 1.3	+ 29.8 ± 1.8	94.7 ± 1.1	+ 2.1 ± 0.8
6 "		17.27 ± 0.07	+ 0.86 ± 0.08	31.1 ± 0.4	+ 0.3 ± 0.4	—	64 86.0 ± 2.6	+ 23.8 ± 2.9	94.0 ± 0.6	+ 1.4 ± 0.8
8 "		— ¹⁾	—	30.1 ± 0.2	+ 0.7 ± 0.3	—	91 95.3 ± 1.1	+ 33.1 ± 1.7	97.3 ± 0.4	+ 4.7 ± 0.6
10 "		16.85 ± 0.03	+ 0.44 ± 0.05	30.9 ± 0.5	+ 0.1 ± 0.6	—	118 94.7 ± 1.5	+ 32.5 ± 2.0	96.0 ± 0.6	+ 3.4 ± 0.8
12 "		17.20 ± 0.04	0.79 ± 0.06	31.0 ± 0.3	+ 0.2 ± 0.4	—	145 95.3 ± 1.1	+ 33.1 ± 1.7	95.3 ± 1.1	+ 2.7 ± 1.2

Dauer der Lagerung	Keimung bei etwa 10° C.			Keimtriebkraft		
	Keimschnelligkeit nach 3 Tagen		Keimfähigkeit nach 10 Tagen	Gesunde Keimlinge nach 10 Tagen		Abweichung gegen Ausgangssaat o/o
	gekeimt o/o	Abweichung gegen Ausgangssaat o/o		entwickelt o/o	abgeworfen o/o	
Ausgangssaat		—				—
2 Wochen	92.4 ± 0.6	—	96.8 ± 0.6	90.2 ± 1.0	—	—
4 "	92.0 ± 1.3	- 0.4 ± 1.4	95.3 ± 1.1	93.3 ± 0.4	+ 3.1 ± 1.1	+ 3.1 ± 1.1
6 "	91.3 ± 1.1	- 1.1 ± 1.3	96.7 ± 2.2	96.7 ± 0.9	+ 6.5 ± 1.3	+ 6.5 ± 1.3
8 "	94.0 ± 0.0	+ 1.6 ± 0.6	96.0 ± 0.6	93.3 ± 1.1	+ 3.1 ± 1.5	+ 3.1 ± 1.5
10 "	87.3 ± 0.4	- 5.1 ± 0.7	97.3 ± 0.9	91.3 ± 1.1	+ 1.1 ± 1.5	+ 1.1 ± 1.5
12 "	0.0 ± 0.0 ²⁾	- 92.4 ± 0.6	98.0 ± 0.0	92.0 ± 0.6	- 0.2 ± 1.2	- 0.2 ± 1.2
	0.0 ± 0.0 ³⁾	- 92.4 ± 0.6	97.3 ± 0.4	94.7 ± 0.4	+ 4.5 ± 1.1	+ 4.5 ± 1.1

¹⁾ Vergl. Anm. S. 75. — ²⁾ Nach 5 Tagen: 91.3 ± 0.4 % — ³⁾ Nach 5 Tagen: 96.0 ± 0.6 %

nahme der Keimreife festgestellt. Besonders beachtenswert ist, dass auch gleichzeitig auftretende niedrige Temperaturen, wie sie im vorliegenden Versuch angewandt wurden, sie nur wenig zu verzögern vermochten. Für die bei gewöhnlichen Temperaturen lagernden Samen ist dies bereits von HOTTER,¹⁾ WIECHMANN²⁾ und KIESSLING³⁾ nachgewiesen. Für niedrige Temperaturen schien es jedoch nach den Mitteilungen von ATTERBERG⁴⁾ nicht zuzutreffen. Nach diesem Autor können Getreidekörner trotz trockner Lagerung und relativ niedrigem Wassergehalt den ganzen Winter hindurch unverändert liegen, ohne die volle Keimreife zu bekommen. Im Frühling bei steigender Temperatur tritt aber die Reife ein.

Dieser scheinbare Gegensatz mit den hier vorliegenden Versuchen wird sich jedoch dadurch erklären, dass der Reifegrad bei der Ernte hierfür eine sehr wesentliche Rolle spielt und ebenso die angewandten Temperaturen. Das von ATTERBERG zu seinen Versuchen benutzte Getreide dürfte einen sehr viel niedrigeren Reifegrad gehabt haben als das, das hier benutzt wurde und ebenso liegen die schwedischen Wintertemperaturen weit unter den von mir als „erniedrigter Temperatur“ geschaffenen Bedingungen. Dagegen scheinen sich bei höherem Feuchtigkeitsgehalt auch schon bei den von mir benutzten niedrigen Temperaturen dieselben Erscheinungen wie bei den ATTERBERG'schen Versuchen einzustellen. Meiner Ansicht nach liegen hier Wechselbeziehungen zwischen Reifegrad, Feuchtigkeit und Temperatur vor.

Was die verschiedenen Keimungsverfahren betrifft, so hat sich bei der Keimschnelligkeit zunächst der schon besprochene Unterschied einer verlangsamten Keimung bei 20° C. nach 2 Wochen ergeben (mangelnde Keimreife). Sodann bestätigt sich auch hier die schon bei der vorigen Reihe gemachte Beobachtung, dass in späteren Reifestadien, also nach längerem Lagern, die niedrigen Temperaturen verzögernd auf die Keimschnelligkeit wirken, wie die nachstehenden Gegenüberstellungen zeigen:

1) a. a. O. S. 86.

2) WIECHMANN, Untersuchungen über die Keimungsverhältnisse der Gerste. Mitt. der Österr. Vers.-Station für Brauerei und Mälzerei, Wien 1892 (nach KIESSLING).

3) a. a. O. S. 72.

4) a. a. O. S. 205.

Lagerung	2	4	6 Wochen
Keim Schnelligkeit bei 10 ° C.	92.0 \pm 1.3 %	91.3 \pm 1.1 %	94.0 \pm 0.0 %
" " 20 ° C.	75.3 \pm 1.1 "	92.0 \pm 1.3 "	86.0 \pm 2.6 "
	- 16.7 \pm 1.7 %	+ 0.7 \pm 1.7 %	- 8.0 \pm 2.6 %
Lagerung	8	10	12 Wochen
Keim Schnelligkeit bei 10 ° C.	87.3 \pm 0.4 %	0.0 \pm 0.0 %	0.0 \pm 0.0 %
" " 20 ° C.	95.3 \pm 1.1 "	94.7 \pm 1.5 "	95.3 \pm 1.1 "
	+ 8.0 \pm 1.2 %	+ 94.7 \pm 1.5 %	+ 95.3 \pm 1.1 %

Auf die Abweichung in der 6. Woche ist schon hingewiesen. Es bestätigt auch hier wieder die Höhe der wahrscheinlichen Schwankung, dass diesem Unterschied ein besonderer Wert nicht beizumessen ist.

Für die Keimfähigkeitszahlen ergibt sich wieder eine völlige Gleichwertigkeit der angewandten beiden Untersuchungsverfahren:

Lagerung	2	4	6 Wochen
Keimfähigkeit bei 10 ° C.	95.3 \pm 1.1 %	96.7 \pm 2.2 %	96.0 \pm 0.6 %
" " 20 ° C.	95.3 \pm 0.9 "	94.7 \pm 1.1 "	94.0 \pm 0.6 "
	0.0 \pm 1.4 %	- 2.0 \pm 2.5 %	- 2.0 \pm 0.8 %
Lagerung	8	10	12 Wochen
Keimfähigkeit bei 10 ° C.	97.3 \pm 0.9 %	98.0 \pm 0.0 %	97.3 \pm 0.4 %
" " 20 ° C.	97.3 \pm 0.4 "	96.0 \pm 0.6 "	95.3 \pm 1.1 "
	0.0 \pm 1.0 %	- 2.0 \pm 0.6 %	- 2.0 \pm 1.2 %

Die Keimtriebkraft zeigt während der ganzen Beobachtungszeit keine wesentlichen Veränderungen. Nur bei der vierten Woche kann man vielleicht von einer geringen Steigerung sprechen, die jedoch keine durchgreifende und bleibende ist und auch nur gegenüber der Ausgangssaat besteht. Die Ergebnisse sind ausnahmslos sehr günstig und es bestätigt sich wieder die ausgezeichnete Wirkung einer kühlen Lagerung, selbst wenn die sonstigen Bedingungen nicht die zuträglichsten sind.

Überblickt man nochmals kurz die Ergebnisse dieser drei unter Luftabschluss durchgeführten Versuchsreihen, so ergibt sich zunächst, dass ein Nachreifen auch ohne jede Austrocknung vor sich geht, mag es sich um hohe, mittlere oder niedrige Lagerungstemperaturen handeln. Höhere Temperaturen scheinen auch unter diesen Bedingungen (Luftabschluss) die Keimreife zu beschleunigen.

Ferner machen es die vorliegenden Versuche wahrscheinlich, dass frische Samen gegen Luftabschluss weniger empfindlich sind als abgelagerte, wenigstens innerhalb eines gewissen Feuchtigkeitsgrades. Nichtsdestoweniger gilt auch für sie die starke Schädigung bei Zusammentritt von Luftabschluss und höheren Temperaturen. Niedrige Lagerungstemperaturen haben sich auch hier als ausserordentlich zweckdienlich gezeigt.

Für die Endzahlen der Keimprüfungen ist es im allgemeinen gleichgültig, ob diese bei erniedrigter Temperatur oder der gewöhnlichen Keimtemperatur von 20° C. ausgeführt werden. Auf die Keimschnelligkeit wirken niedrige Temperaturen gleich nach der Ernte, bis zur Erlangung der vollen Keimreife fördernd. Ist jedoch die volle Keimreife erreicht, so macht sich eine Verzögerung der Keimschnelligkeit durch niedrige Temperaturen geltend.

B. Lagerung bei freiem Luftzutritt.

1. Bei tagsüber erhöhter Temperatur (10 Stunden 35° C., 14 Stunden 18° C.), a) trocken.

a) trocken.

(Siehe die Tabelle auf S. 91.)

Wie in der Einleitung bereits erwähnt wurde, handelt es sich bei dieser Reihe um Samen, die täglich 10 Stunden lang bei 35° C. im Thermostaten, die übrige Zeit bei Zimmertemperatur gelagert wurden. Es liegt hier also, da ein Entweichen der Feuchtigkeit möglich ist, ein allmählich immer weiter getriebenes Austrocknen vor.

Dies kommt durch die stufenweise Abnahme des Feuchtigkeitsgehalts zum Ausdruck, wie sie sich aus nachstehender Aufstellung ergibt:

Feuchtigkeitsabnahme zwischen den einzelnen Beobachtungszeiten:

0.:2.	2.:4.	4.:6.	Woche
16.41 ± 0.04 %	11.74 ± 0.07 %	11.69 ± 0.02 %	Wassergehalt
11.74 ± 0.07 "	11.69 ± 0.02 "	11.64 ± 0.16 "	"
— 4.67 ± 0.08 %	— 0.05 ± 0.07 %	— 0.05 ± 0.16 %	Unterschied
6.:10.	10.:12.	Woche	
11.64 ± 0.16 %	9.52 ± 0.04 %	Wassergehalt	
9.52 ± 0.04 "	8.90 ± 0.03 "	"	
— 2.12 ± 0.17 %	— 0.62 ± 0.05 %	Unterschied	

II. Entwicklung unter verschiedenen Lagerbedingungen.

B. Lagerung bei freiem Luftzutritt.

1. Bei tagsüber erhöhter Temperatur, a) trocken.

Dauer der Lagerung	Feuchtigkeitsgehalt			1000-Korngewicht			Keimung bei 20° C.					
	%	Abweichung gegen Ausgangssaat		g	Abweichung gegen Ausgangssaat		Keimgeschwindigkeit n. 3 Tagen		Keimfähigkeit nach 10 Tagen		Abweichung gegen Ausgangssaat	
		°/o	°/o		g	°/o	Nummer	gekeimt °/o	Abweichung gegen Ausgangssaat °/o	gekeimt °/o	gekeimt °/o	Abweichung gegen Ausgangssaat °/o
Ausgangssaat	16.41 ± 0.04	—	—	30.8 ± 0.2	—	—	1	62.2 ± 1.3	—	92.6 ± 0.5	—	—
2 Wochen	11.74 ± 0.07	-4.67 ± 0.08	—	29.0 ± 0.2	-1.8 ± 0.3	—	13	94.0 ± 0.6	+31.8 ± 1.4	96.7 ± 1.1	+4.1 ± 1.2	—
4 "	11.69 ± 0.02	-4.72 ± 0.04	—	29.4 ± 0.2	-1.4 ± 0.3	—	40	94.0 ± 0.6	+31.8 ± 1.4	97.3 ± 1.1	+4.7 ± 1.2	—
6 "	11.64 ± 0.16	-4.77 ± 0.17	—	28.8 ± 0.4	-2.0 ± 0.4	—	67	92.0 ± 0.2	+29.8 ± 2.4	94.0 ± 1.3	+1.4 ± 1.4	—
8 "	— ¹⁾	—	—	29.3 ± 0.3	-1.5 ± 0.4	—	94	95.3 ± 0.9	+33.1 ± 1.6	95.3 ± 0.9	+2.7 ± 1.0	—
10 "	9.52 ± 0.04	-6.89 ± 0.06	—	28.4 ± 0.5	-2.4 ± 0.5	—	121	94.0 ± 0.6	+31.8 ± 1.4	98.0 ± 0.6	+5.4 ± 0.8	—
12 "	8.90 ± 0.03	-7.51 ± 0.05	—	28.3 ± 0.3	-2.5 ± 0.4	—	148	94.0 ± 1.4	+31.8 ± 1.9	95.3 ± 0.4	+2.7 ± 0.6	—

Dauer der Lagerung	Keimung bei etwa 10° C.			Keimtriebkraft		
	Keimgeschwindigkeit nach 3 Tagen		Keimfähigkeit nach 10 Tagen	Gesunde Keimlinge nach 10 Tagen		Abweichung gegen Ausgangssaat °/o
	Nummer	gekeimt °/o	Abweichung gegen Ausgangssaat °/o	entwickelt °/o	entwickelt °/o	
Ausgangssaat	2	92.4 ± 0.6	—	96.8 ± 0.6	90.2 ± 1.0	—
2 Wochen	14	92.0 ± 1.3	-0.4 ± 1.4	95.3 ± 1.1	96.7 ± 0.9	+6.5 ± 1.3
4 "	41	94.7 ± 1.1	+2.3 ± 1.3	95.3 ± 0.9	97.3 ± 1.1	+7.1 ± 1.5
6 "	68	81.3 ± 2.4 ²⁾	-11.1 ± 2.5	97.3 ± 1.8	96.7 ± 0.9	+6.5 ± 1.3
8 "	95	86.0 ± 4.0 ³⁾	-6.4 ± 4.0	98.0 ± 1.6	92.0 ± 1.3	+1.8 ± 1.6
10 "	122	0.0 ± 0.0 ⁴⁾	-92.4 ± 0.6	98.0 ± 0.6	93.3 ± 1.1	+3.1 ± 1.5
12 "	149	0.0 ± 0.0 ⁵⁾	-92.4 ± 0.6	99.3 ± 0.4	96.0 ± 0.0	+5.8 ± 1.0

¹⁾ Vergl. Anm. S. 75. — ²⁾ Nach 5 Tagen: 96.7 ± 1.5°/o. — ³⁾ Nach 5 Tagen: 98.0 ± 0.6°/o. — ⁴⁾ Nach 5 Tagen: 94.7 ± 1.8°/o. — ⁵⁾ Nach 5 Tagen: 99.3 ± 0.4°/o.

Es zeigt sich also in den Abstufungen ausnahmslos ein Minus, wenn auch in den einzelnen Fällen die Abweichungen so unbedeutend sind, dass sie als sichere Unterschiede nicht gelten können. Die Gesamtabweichung zwischen der 0. und 12. Woche beträgt $-7.51 \pm 0.05 \%$, ist also sehr bedeutend. Aber auch der Wasserverlust bis zur 2. Woche ist so bedeutend, dass schon hier ein aussergewöhnlich trockenes Saatgut vorliegt.

Was die Keimergebnisse betrifft, so erkennt man hier die bezeichnenden Erscheinungen einer vorsichtig und ausgiebig getrockneten Saat: Steigerung der Keimschnelligkeit und soweit möglich auch der Keimfähigkeit, desgleichen auch der Keimtriebkraft. Von irgend einer Beeinträchtigung der Lebenskraft konnte unter den gestellten Bedingungen a priori nicht die Rede sein, wohl aber von einer Förderung, die am deutlichsten in einer Steigerung der Keimtriebkraft zum Ausdruck kommt. Um eine schrittweise Staffelung kann es sich hier naturgemäss weniger handeln, da einerseits schon bei Versuchsbeginn die Keimtriebkraft eine recht günstige war und andererseits die Austrocknung und Nachreife bereits nach zwei Wochen recht beträchtlich und zwar zur vollen Keimreife führend vorgeschritten war.

Es ergibt sich jedoch eine deutliche Zunahme, wenn man die Summe der nach 2, 4 usw. Wochen, also nach erfolgter Vollreife, ermittelten Keimtriebkraft-Zahlen der 6fachen Keimtriebkraft der Ausgangssaat gegenüberstellt:

Keimtriebkraft der Ausgangssaat (6fach)	541.2 \pm 2.5 Keime
Summe der Keimtriebkraftzahlen nach 2, 4, 6, 8, 10 und 12 Wochen	572.0 \pm 2.4 "
<hr/>	
Unterschied:	+ 30.8 \pm 3.4 Keime

Hinsichtlich der Keimung bei verschiedenen Temperaturen bestätigt sich auch hier wieder die Tatsache, dass niedrige Temperaturen in geringem Mafse keimungs-verzögernd wirken:

Lagerung	2	4	6 Wochen
Keimschnelligkeit bei 20° C.	94.0 \pm 0.6 %	94.0 \pm 0.6 %	92.0 \pm 2.0 %
" " 10° C.	92.0 \pm 1.3 "	94.7 \pm 1.1 "	81.3 \pm 2.4 "
	<hr/>	<hr/>	<hr/>
	- 2.0 \pm 1.4 %	+ 0.7 \pm 1.3 %	- 10.7 \pm 3.1 %
Lagerung	8	10	12 Wochen
Keimschnelligkeit bei 20° C.	95.3 \pm 0.9 %	94.0 \pm 0.6 %	94.0 \pm 1.4 %
" " 10° C.	86.0 \pm 4.0 "	0.0 \pm 0.0 "	0.0 \pm 0.0 "
	<hr/>	<hr/>	<hr/>
	- 9.3 \pm 4.1 %	- 94.0 \pm 0.6 %	- 94.0 \pm 1.4 %

Allerdings sind in der 6. Woche und in noch erhöhtem Maße in der 8. Woche die wahrscheinlichen Schwankungen ganz aussergewöhnlich hoch und beeinträchtigen dadurch sehr erheblich die Beweiskraft dieser Zahlen; immerhin ist aber durch sie der Anfang einer Abnahme — oder wenn man will ein Übergangsstadium — gekennzeichnet.

Die Keimfähigkeit liefert wieder in ihren Endzahlen für beide Untersuchungsverfahren gleiche Werte:

Lagerung	2	4	6 Wochen
Keimfähigkeit bei 20° C.	96.7 ± 1.1 %	97.3 ± 1.1 %	94.0 ± 1.3 %
" " 10° C.	95.3 ± 1.1 "	95.3 ± 0.9 "	97.3 ± 1.8 "
	— 1.4 ± 1.6 %	— 2.0 ± 1.4 %	+ 2.7 ± 2.2 %
Lagerung	8	10	12 Wochen
Keimfähigkeit bei 20° C.	95.3 ± 0.9 %	98.0 ± 0.6 %	95.3 ± 0.4 %
" " 10° C.	98.0 ± 0.6 "	98.0 ± 0.6 "	99.3 ± 0.4 "
	+ 2.7 ± 1.1 %	0.0 ± 0.8 %	+ 4.0 ± 0.6 %

Es ist demnach ein sicherer Unterschied nur bei der letzten Beobachtungszeit festgestellt, während in allen anderen Fällen die Abweichungen infolge der ihnen anhaftenden wahrscheinlichen Schwankungen als unwesentlich gelten müssen. Infolgedessen vermag auch der eine Fall das Gesamtbild nicht zu ändern, zumal es sich nicht um ein stetiges Fortschreiten handelt.

Schliesslich verlohnt sich noch eine Gegenüberstellung der unter Luftabschluss und der bei Luftzutritt, im übrigen aber gleichmässig bei zeitweise erhöhter Temperatur gelagerten Samen. Hierbei ist in erster Linie zu betonen, dass eine schnellere Nachreife durch das Austrocknen nach den vorliegenden Versuchen nicht stattgefunden hat. Allerdings mag der Unterschied von $94.0 \pm 0.6 \%$: $86.0 \pm 2.0 \%$ mit $8.0 \pm 2.1 \%$ gerade noch als ein solcher gelten. Es ist aber zu berücksichtigen, dass in diesen $86.0 \pm 2.0 \%$ auch schon die Abnahme durch die beeinträchtigenden Lagerbedingungen enthalten ist, die ja zweifellos bereits vorgelegen hat, wie die übrigen Versuchszahlen jener Reihe einwandsfrei erhärten.

Im übrigen erkennt man deutlich die günstige Wirkung der vorliegenden Reihe gegenüber der stark schädigenden Wirkung der unter A. 1. angewandten Versuchsbedingungen.

b) feucht.

(Siehe die Tabelle auf S. 94.)

II. Entwicklung unter verschiedenen Lagerbedingungen.
B. Lagerung bei freiem Luftzutritt.
 1. Bei tagüber erhöhter Temperatur, b) feucht.

Feuchtigkeitsegehalt				1000-Korngewicht				Keimung bei 20° C.					
Dauer der Lagerung	%	Abweichung gegen Ausgangssaat %	g	Abweichung gegen Ausgangssaat %	g	Keimung bei 3 Tagen			Keimfähigkeit nach 10 Tagen				
						gekeimt %	Abweichung gegen Ausgangssaat %	g	gekeimt %	Abweichung gegen Ausgangssaat %	g		
Ausgangssaat	16.41 ± 0.04	—	30.8 ± 0.2	—	16	62.2 ± 1.3	—	92.6 ± 0.5	—	3.3 ± 2.5	—		
2 Wochen	20.88 ± 0.08	+ 4.47 ± 0.90	32.9 ± 0.2	+ 2.1 ± 0.3	43	70.7 ± 1.5	+ 8.5 ± 2.0	75.3 ± 1.1	—	17.3 ± 1.2	—		
4 "	19.83 ± 0.12	+ 3.42 ± 0.13	32.7 ± 0.3	+ 1.9 ± 0.4	70	56.0 ± 1.9	+ 6.2 ± 2.1	68.0 ± 3.3	—	24.6 ± 3.3	—		
6 "	18.87 ± 0.17	+ 2.46 ± 0.17	31.8 ± 0.4	+ 1.0 ± 0.4	97	56.0 ± 3.3	+ 6.2 ± 3.5	57.3 ± 2.8	—	35.3 ± 2.8	—		
8 "	18.50 ± 0.13	—	31.5 ± 0.3	+ 0.7 ± 0.4	124	48.0 ± 2.6	+ 14.2 ± 2.9	54.7 ± 1.8	—	37.9 ± 1.9	—		
10 "	16.93 ± 0.09	+ 2.09 ± 0.14	30.1 ± 0.3	+ 0.7 ± 0.3	151	46.7 ± 1.1	+ 15.5 ± 1.7	49.3 ± 1.5	—	43.3 ± 1.6	—		
12 "		+ 0.52 ± 0.10	30.1 ± 0.2	— 0.7 ± 0.3									
Keimung bei etwa 10° C.													
Dauer der Lagerung	Nummer	Keimschnelligkeit nach 3 Tagen			Keimfähigkeit nach 10 Tagen			Keimtriebskraft					
		gekeimt %	Abweichung gegen Ausgangssaat %	g	gekeimt %	Abweichung gegen Ausgangssaat %	g	entwickelt %	Abweichung gegen Ausgangssaat %	g			
Ausgangssaat	2	92.4 ± 0.6	—	96.8 ± 0.6	—	6.1 ± 1.1	—	90.2 ± 1.0	—	1.5 ± 4.2	—		
2 Wochen	17	74.7 ± 1.1	— 17.7 ± 1.3	90.7 ± 0.9	—	34.8 ± 2.0	—	88.7 ± 4.1	—	26.9 ± 2.9	—		
4 "	44	61.3 ± 2.4	— 31.1 ± 2.5	62.0 ± 1.9	—	34.8 ± 2.7	—	63.3 ± 2.7	—	32.2 ± 3.4	—		
6 "	71	33.3 ± 1.1	— 59.1 ± 1.3	62.0 ± 2.6	—	36.8 ± 1.4	—	58.0 ± 3.3	—	34.2 ± 1.6	—		
8 "	98	48.7 ± 4.1	— 43.7 ± 4.1	60.0 ± 1.3	—	46.8 ± 0.8	—	56.0 ± 1.3	—	44.9 ± 3.6	—		
10 "	125	32.0 ± 0.6	— 60.4 ± 0.8	50.0 ± 0.6	—	49.5 ± 1.3	—	45.3 ± 3.5	—	36.9 ± 1.5	—		
12 "	152	0.0 ± 0.0 *)	— 92.4 ± 0.6	47.3 ± 1.1	—			53.3 ± 1.1	—				

^{*)} Vergl. Anm. S. 75. — ^{*)} Nach 5 Tagen: 47.3 ± 1.1 %.

Eine ganz andere Wirkung wird jedoch erzielt, sobald die Samen sich in einer feuchten Umgebung befinden. Die Versuchsanstellung war, wie schon in der Einleitung angedeutet, so getroffen, dass die Samen sich in kleinen Leinenbeutel befanden, die in einem mit Feuchtigkeit annähernd gesättigtem Raum aufgehängt waren. Hiermit war der Luftzutritt nicht hermetisch abgeschlossen, aber auch nicht für so kräftige Durchlüftung gesorgt, wie dies in meinen früheren Durchlüftungsversuchen¹⁾ der Fall war. Es waren Bedingungen geschaffen, die mehr den in der Praxis vorliegenden Fällen entsprechen — ein vielleicht etwas gehemmter Luftzutritt — und aus diesem Grunde dürften die vorliegenden Ergebnisse ganz besondere Beachtung verdienen.

Bei der Versuchsanstellung sollte jedoch unter allen Umständen vermieden werden, dass sich tropfbar-flüssiges Wasser an den Samen niederschläge, was bei den angewandten wechselnden Temperaturen grosse Schwierigkeiten verursachte und nur durch Herabminderung des Luftfeuchtigkeitsgehalts in dem Aufbewahrungsraum erreicht werden konnte. Hierdurch wurde leider der Wassergehalt der Samen nicht ständig auf der gewünschten Höhe gehalten, sondern sank sogar am Schluss der Versuchszeit auf den Stand der Ausgangssaat. Aber trotzdem hatten die verhältnismässig kurzen Einwirkungen stärkerer Feuchtigkeitsgrade bei höheren Temperaturen eine beträchtliche Schädigung bewirkt, ja sie setzt sogar auffallend schnell ein.

Zunächst schreitet die Keimreife weiter vor, wie die aus obiger Liste erkenntliche Zunahme der Keimschnelligkeit bei 20° C. um $+21.1 \pm 2.5\%$ erkennen lässt. Zur vollen Geltung kommt jedoch die Keimreife nicht, denn die sogleich einsetzende Schädigung verdeckt sie vollständig. Der schrittweise Rückgang der Keimfähigkeits-Zahlen ist aus folgender Aufstellung ersichtlich:

Keimfähigkeits-Abnahme zwischen den einzelnen Beobachtungszeiten bei 20° C.

0.:2.	2.:4.	4.:6. Woche
$92.6 \pm 0.5\%$	$89.3 \pm 2.4\%$	$75.3 \pm 1.1\%$
$89.3 \pm 2.4\%$	$75.3 \pm 1.1\%$	$68.0 \pm 3.3\%$
$-3.3 \pm 2.5\%$	$-14.0 \pm 2.6\%$	$-7.3 \pm 3.5\%$

¹⁾ a. a. O. S. 307.

6.:8.	8.:10.	10.:12. Woche
$68.0 \pm 3.3 \%$	$57.3 \pm 2.8 \%$	$54.7 \pm 1.8 \%$
$57.3 \pm 2.8 \%$	$54.3 \pm 1.8 \%$	$49.3 \pm 1.5 \%$
$-10.7 \pm 4.3 \%$	$-2.6 \pm 3.3 \%$	$-5.4 \pm 2.3 \%$

Keimfähigkeits-Abnahme zwischen den einzelnen Beobachtungszeiten bei 10° C.

0.:2.	2.:4.	4.:6. Woche
$96.8 \pm 0.6 \%$	$90.7 \pm 0.9 \%$	$62.0 \pm 1.9 \%$
$90.7 \pm 0.9 \%$	$62.0 \pm 1.9 \%$	$62.0 \pm 2.6 \%$
$-6.1 \pm 1.1 \%$	$-28.7 \pm 2.1 \%$	$-0.0 \pm 3.2 \%$

6.:8.	8.:10.	10.:12. Woche
$62.0 \pm 2.6 \%$	$60.0 \pm 1.3 \%$	$50.0 \pm 0.6 \%$
$60.0 \pm 1.3 \%$	$50.0 \pm 0.6 \%$	$47.3 \pm 1.1 \%$
$-2.0 \pm 2.9 \%$	$-10.0 \pm 1.4 \%$	$-2.7 \pm 1.3 \%$

Die Abnahme geht hiernach so allmählich vor sich und zwar sowohl bei der kalten wie bei der warmen Keimung, dass zwischen den einzelnen Beobachtungszeiten die Unterschiede nur in einzelnen Fällen ausgeprägt vorhanden sind. Namentlich aus dem Grunde, weil die einzelnen Durchschnittswerte infolge der unter den obwaltenden Bedingungen ungleichmässigen Keimung durchweg mit ziemlich hohen wahrscheinlichen Schwankungen behaftet sind. In grösseren Zwischenräumen treten jedoch die Unterschiede deutlich hervor.

Die Keimfähigkeitszahlen zeigen sich wieder in ihren Endergebnissen für kalte und warme Keimung gleichwertig:

Lagerung	2	4	6 Wochen
Keimfähigkeit bei 10° C.	$90.7 \pm 0.9 \%$	$62.0 \pm 1.9 \%$	$62.0 \pm 2.6 \%$
" " 20° C.	$89.3 \pm 2.4 \%$	$75.3 \pm 1.1 \%$	$68.0 \pm 3.3 \%$
	$-1.4 \pm 2.6 \%$	$-6.7 \pm 2.2 \%$	$+6.0 \pm 4.3 \%$

Lagerung	8	10	12 Wochen
Keimfähigkeit bei 10° C.	$60.0 \pm 1.3 \%$	$50.0 \pm 0.6 \%$	$47.3 \pm 1.1 \%$
" " 20° C.	$57.3 \pm 2.8 \%$	$54.7 \pm 1.8 \%$	$49.3 \pm 1.5 \%$
	$-2.7 \pm 3.1 \%$	$+4.7 \pm 1.9 \%$	$+2.0 \pm 1.9 \%$

Denn sämtliche Unterschiede, bewertet durch die ihnen zukommenden wahrscheinlichen Schwankungen, sind so niedrig, dass ihnen eine Bedeutung nicht beizulegen ist. Sehr bezeichnend sind dagegen wieder die Unterschiede in der kalten und warmen

II. Entwicklung unter verschiedenen Lagerbedingungen.

A. Lagerung unter Luftabschluss.

2. Bei Zimmertemperatur (Durchschnitt 18° C.).

Dauer der Lagerung	Feuchtigkeitsgehalt		1000-Korngewicht		Keimung bei 20° C.			
	%	Abweichung gegen Ausgangssaat %	g	Abweichung gegen Ausgangssaat g	Keimzahl		Keimfähigkeit nach 10 Tagen	
					gekeimt %	Abweichung gegen Ausgangssaat %	gekeimt %	Abweichung gegen Ausgangssaat %
Ausgangssaat	16.41 ± 0.04	—	30.8 ± 0.2	—	1	62.2 ± 1.3	92.6 ± 0.5	—
2 Wochen ¹⁾	—	—	29.3 ± —	—1.5 ± —	7	70.0 ± —	92.0 ± —	—0.6 ± —
4 "	16.75 ± 0.10	+ 0.34 ± 0.11	30.6 ± 0.3	- 0.2 ± 0.4	34	92.0 ± 0.0	95.3 ± 0.9	+ 2.7 ± 1.0
6 "	17.01 ± 0.04	+ 0.60 ± 0.06	30.8 ± 0.3	- 0.0 ± 0.4	61	90.7 ± 3.0	96.7 ± 1.1	+ 4.1 ± 1.2
8 "	— ²⁾	—	31.0 ± 0.5	+ 0.2 ± 0.5	88	90.2 ± 2.6	92.0 ± 2.0	+ 0.6 ± 2.1
10 "	17.16 ± 0.07	+ 0.75 ± 0.08	30.3 ± 0.2	- 0.5 ± 0.3	115	73.3 ± 0.9	78.0 ± 2.0	- 14.6 ± 2.1
12 "	17.26 ± 0.06	+ 0.85 ± 0.07	31.1 ± 0.6	+ 0.3 ± 0.6	142	80.7 ± 1.8	85.3 ± 1.1	- 7.3 ± 1.2

Versuchsstationen. MC.

Dauer der Lagerung	Keimung bei etwa 10° C.				Keimtriebkraft			
	Nummer	Keimzahl		Abweichung gegen Ausgangssaat %	Keimfähigkeit nach 10 Tagen		Abweichung gegen Ausgangssaat %	Keimtrieb
		gekeimt %	Abweichung gegen Ausgangssaat %		gekeimt %	Abweichung gegen Ausgangssaat %		
Ausgangssaat	2	92.4 ± 0.6	—	—	—	—	—	—
2 Wochen ¹⁾	8	96.0 ± 1.1	+ 3.6 ± —	—	—	—	—	—
4 "	35	90.7 ± 1.2	- 1.7 ± 1.3	+ 3.6 ± —	+ 1.2 ± 0.7	90.0 ± —	- 0.2 ± 2.1	—
6 "	62	82.3 ± 0.4	- 10.1 ± 1.3	- 1.7 ± 1.3	- 3.5 ± 0.7	94.7 ± 1.8	+ 4.5 ± 1.5	—
8 "	89	77.3 ± 0.4	- 15.1 ± 0.7	- 10.1 ± 1.3	- 2.8 ± 2.1	92.7 ± 1.1	+ 2.6 ± 1.5	—
10 "	116	60.0 ± 1.3 ²⁾	- 32.4 ± 1.4	- 15.1 ± 0.7	- 0.8 ± 1.4	94.0 ± 1.3	+ 3.8 ± 1.6	—
12 "	143	0.0 ± 0.0 ³⁾	- 92.4 ± 0.6	- 32.4 ± 1.4	- 13.5 ± 1.6	78.7 ± 1.1	- 11.5 ± 1.5	—
					- 8.1 ± 1.9	68.0 ± 2.6	- 22.2 ± 2.8	—

¹⁾ Infolge Stoffverlustes konnte von der ganzen Reihe nur je 1 Probe angesetzt werden. — ²⁾ Vergl. Ann.S. 75. — ³⁾ Nach 5 Tagen: 76.0 ± 2.0 %. — ⁴⁾ Nach 5 Tagen: 78.0 ± 0.6 %.

Die Keimfähigkeitszahlen lehren zunächst, dass unter den gegebenen Verhältnissen die volle Keimreife erst in 4 Wochen erreicht ist. Allerdings stellt das Ergebnis der zweiten Woche, wie in der Tabelle betont ist, nur einen einzelnen Versuch dar. Dieser aber fällt hinsichtlich seiner Keimschnelligkeit bei 20° C. so wesentlich niedriger aus als der folgende, was für die Beurteilung der Keimreife massgebend ist, dass es gestattet sein muss, hier einen sicheren Unterschied anzunehmen. Nach 4 Wochen jedoch ist eine Abweichung zwischen kalter und warmer Keimung nicht mehr vorhanden.

Eine Abnahme der Keimfähigkeit (und Keimtriebkraft) tritt hier erst in der 10. Woche ein, schreitet jedoch dann nicht weiter, sondern bleibt auf gleicher Höhe, denn die den Ergebnissen anhaftenden wahrscheinlichen Schwankungen lassen die Unterschiede in ihrer Gesamtheit als unwesentlich erkennen.

Lagerung		Keimschnelligkeit nach 3 Tagen	
		bei 10° C.	bei 20° C.
10 Wochen	. . . . .	60.0 ± 1.3 ‰	73.3 ± 0.9 ‰
12 "	. . . . .	0.0 ± 0.0 "	80.7 ± 1.8 "
		-- 60.0 ± 1.3 ‰	+ 7.4 ± 2.0 ‰
Lagerung		Keimfähigkeit nach 10 Tagen	
		bei 10° C.	bei 20° C.
10 Wochen	. . . . .	83.3 ± 1.5 ‰	78.0 ± 2.0 ‰
12 "	. . . . .	88.7 ± 1.8 "	85.3 ± 1.1 "
		+ 5.4 ± 2.3 ‰	+ 7.3 ± 2.3 ‰

Denn wenn hier auch scheinbar ein geringes Aufflackern der Keimfähigkeit vorliegt, so kann doch den Unterschieden, die nur das 2.3 bzw. 3.2 fache ihrer wahrscheinlichen Schwankungen betragen, eine durchgreifende Beweiskraft nicht zugesprochen werden. Dies gilt um so mehr, als die Keimtriebkraft dieses Ansteigen nicht mitmacht. Sie zeigt im Gegenteil eine fortschreitende Abnahme die gerade durch diesen Gegensatz einen besonderen Wert erhält, wenn sie auch in Rücksicht auf die ihr zukommende wahrscheinliche Schwankung nur gerade noch als sicher angenommen werden kann.

Keimtriebkraft nach 10 Wochen	. . . .	78.7 ± 1.1 ‰
"	" 12 "	68.0 ± 2.6 "
Unterschied:		— 10.7 ± 2.8 ‰

Der auffällige Rückgang in der Keimschnelligkeit bei kalter Keimung wird später (Seite 84) noch eingehend zu beleuchten sein.

Das Gesamtbild also, das diese Reihe in Bezug auf die Beeinflussung der Lebenskraft der Saat durch die vorliegende Lagerung bietet, ist folgendes:

Die Entwicklung zur vollen Keimreife geht langsam vor sich und ist erst in 4 Wochen erreicht. Dies ist durch die verlangsamte Keimung bei höherer Temperatur zu erkennen. Die Keimfähigkeit hält sich unverändert bis zur 8. Woche und ebenso die Keimtriebkraft. Von da an nehmen sie ab und zwar zeigt die Keimfähigkeit eine einmalige Abnahme, die zunächst stehen bleibt. Leider geht die Beobachtungszeit dann nicht weiter. Die Keimtriebkraft dagegen geht schrittweise zurück, wodurch eine weitere schädigende Wirkung auf die Lebenskraft zum Ausdruck kommt, wie sie durch die reinen Keimzahlen nicht ohne weiteres zu erkennen ist.

Ein Vergleich gegenüber abgelagertem Saatgut steht in wünschenswerter Übereinstimmung der bestimmenden Punkte leider nicht zur Verfügung. Um Näherungswerte zu geben, sei wieder der in einer früheren Arbeit benutzte Roggen von 14.07 % Feuchtigkeit herangezogen, der unter den gleichen Lagerbedingungen wie im vorliegenden Versuch im Vergleich nachstehende Werte lieferte:

Lagerung	2	4	6 Wochen
frischer Roggen . .	92.0 \pm — %	95.3 \pm 0.9 %	96.7 \pm 1.1 %
abgelagerter Roggen	97.8 \pm 0.4 „	97.8 \pm 0.8 „	96.3 \pm 0.6 „
	+ 5.8 \pm — %	+ 2.5 \pm 1.2 %	— 0.4 \pm 1.3 %
Lagerung	8	12	32 Wochen
frischer Roggen . .	92.0 \pm 2.0 %	85.3 \pm 1.1 %	— %
abgelagerter Roggen	96.5 \pm 0.4 „	—	85.5 \pm 1.3 „
	+ 4.5 \pm 2.0 %	—	—

Bis zur 8. Woche ist demnach ein sicherer Unterschied nicht vorhanden. Von da ab fehlen genaue Gegenüberstellungen. Der Umstand jedoch, dass die abgelagerte Saat erst nach 32 Wochen dieselbe Minderung der Keimfähigkeit zeigt wie die frische nach 12 Wochen, lässt auf eine grössere Widerstandskraft der ersteren schliessen. Allerdings muss nochmals betont werden, dass der Feuchtigkeitsgehalt um mehr als 2 % niedriger war, was gerade bei der vorliegenden Temperatur von ausschlaggebender Bedeutung sein dürfte.

Die hier festgestellte Keimkraft-Abnahme des frischen Roggens bereits nach 12 Wochen steht im Gegensatz zu den Ermittlungen von HOTTER,¹⁾ der für Weizen sogar bei $\frac{1}{2}$ jähriger Aufbewahrung unter Luftabschluss bei 15—20° C. keine Beeinträchtigung der Keimfähigkeit, wohl aber eine Zunahme der Keimreife festgestellt hat:

Tag	1. Sept. 1890 %	11. Sept. 1890 %	21. Sept. 1890 %	12. Okt. 1890 %	1. Nov. 1890 %	22. Nov. 1890 %	12. Dez. 1890 %	24. Jan. 1891 %
Feuchtigkeitsgehalt	18.63	17.43	17.57	17.98	17.56	—	17.03	—
Keimschnelligkeit nach 3 Tagen	43.75	33.50	51.25	50.00	76.25	76.25	73.00	89.25
Keimfähigkeit nach 10 Tagen .	91.25	89.75	89.00	90.75	97.75	95.25	91.00	91.25

Nach früher von mir angestellten Versuchen²⁾ ist der Weizen gegen ungünstige Lagerbedingungen etwa gerade so empfindlich wie Roggen. Wenn daher bei den vorstehend erwähnten Untersuchungen von HOTTER eine grössere Widerstandskraft festgestellt wurde, so scheint hier entweder eine Sorteneigentümlichkeit vorzuliegen, oder aber das Getreide ist tatsächlich in früherem Reifestadium gegen Luftabschluss widerstandsfähiger. Auf diese Möglichkeit hatten schon die Ergebnisse der ersten Versuchsreihe hingedeutet und auch die vorhin behandelten Vergleiche zwischen frischem und abgelagertem Roggen vermögen keinen Gegenbeweis zu liefern, da jene Saat trockener war und aus diesem Grund eine geringere Beeinflussung naturgemäss erscheint. —

Es ist noch die starke Abnahme der Keimschnelligkeit bei 10° C. gegenüber der wärmeren Keimung zu besprechen. Hierbei muss betont werden, dass nur eine kurze Verzögerung vorliegt, denn wie die Bemerkung auf der Hauptliste (Seite 81) zeigt, haben nach 5 Tagen (12 Wochen Lagerung) bereits $78.0 \pm 0.6\%$, in derselben Zeit bei 10 Wochen Lagerung $76.0 \pm 2.0\%$ gekeimt, so dass hier der Unterschied bereits völlig ausgeglichen ist. Auch ist zu bemerken, dass schon nach 3 Tagen die meisten Samen „gespitzt“ hatten, nur waren Keim und Würzelchen noch nicht soweit entwickelt, dass die Samen als „gekeimt“ dem Keimbett entnommen werden konnten. Ganz allgemein übrigens tritt in

¹⁾ a. a. O. S. 356.

²⁾ a. a. O. S. 369.

der Keimschnelligkeit bei 10° C. nach längerer Lagerung der Saat eine Herabminderung bzw. geringe Verlangsamung hervor gegenüber der wärmeren Keimung im Gegensatz zu der ersten Zeit nach der Ernte, wo der umgekehrte Fall vorherrscht.

Dass diese Erscheinung nicht schon bei der ersten Versuchsreihe (Lagerung bei tagsüber erhöhter Temperatur) hervorgetreten ist, erklärt sich durch das in diesem Fall ausserordentlich schnelle Erlöschen der Keimkraft, wodurch diese Begleiterscheinung vollständig verdeckt wurde.

Für die einzelnen Beobachtungszeiten ergeben sich folgende Vergleiche:

Lagerung	0	2	4 Wochen
Keimschnelligkeit bei 10° C.	92.4 ± 0.6 %	96.0 ± — %	90.7 ± 1.1 %
" " 20° C.	62.2 ± 1.3 "	70.0 ± — "	92.0 ± 0.0 "
	— 30.2 ± 1.4 %	— 26.0 ± — %	+ 1.3 ± 1.1 %
Lagerung	6	8 Wochen	
Keimschnelligkeit bei 10° C.	82.3 ± 1.2 %	77.3 ± 0.4 %	
" " 20° C.	90.7 ± 3.0 "	90.2 ± 2.6 "	
	+ 8.4 ± 3.2 %	+ 12.9 ± 2.6 %	
Lagerung	10	12 Wochen	
Keimschnelligkeit bei 10° C.	60.0 ± 1.3 %	0.0 ± 0.0 %	
" " 20° C.	73.3 ± 0.9 "	80.7 ± 1.8 "	
	+ 7.3 ± 1.6 %	+ 80.7 ± 1.8 %	

Hiernach tritt der Umschwung bereits in der 4. Woche ein. Das Minus hat sich in eine Gleichwertigkeit beider Verfahren gewandelt, die auch noch für die 8. Woche bestehen bleibt, während von da ab die warme Keimung die Oberhand gewinnt.

Ganz anders liegen die Verhältnisse für die Keimfähigkeit, wie die nachstehenden Gegenüberstellungen zeigen:

Lagerung	0	2	4 Wochen
Keimfähigkeit bei 10° C.	96.8 ± 0.6 %	98.0 ± — %	93.3 ± 0.4 %
" " 20° C.	92.6 ± 0.5 "	92.0 ± — "	95.3 ± 0.9 "
	— 4.2 ± 0.8 %	— 4.0 ± — %	+ 2.0 ± 1.0 %
Lagerung	6	8 Wochen	
Keimfähigkeit bei 10° C.	94.0 ± 2.0 %	96.0 ± 1.3 %	
" " 20° C.	96.7 ± 1.1 "	92.0 ± 2.0 "	
	+ 2.7 ± 2.3 %	— 4.0 ± 2.4 %	
Lagerung	10	12 Wochen	
Keimfähigkeit bei 10° C.	83.3 ± 1.5 %	88.7 ± 1.8 %	
" " 20° C.	78.0 ± 2.0 "	85.3 ± 1.1 "	
	— 5.3 ± 2.5 %	— 5.4 ± 2.1 %	

Hier liefert die kalte Keimung im Anfang und in der zweiten Woche höhere Ergebnisse. In allen anderen Fällen sind die Unterschiede aber so unbedeutend, dass sie in Rücksicht auf die ihnen anhaftenden wahrscheinlichen Schwankungen als überhaupt nicht vorhanden angesehen werden müssen. Beide Verfahren liefern also im Endergebnis völlig gleiche Werte.

3. Lagerung bei erniedrigter Temperatur (durchschnittlich 10° C.).

(Siehe die Tabelle auf S. 87.)

Es ist noch die letzte der unter Luftabschluss gelagerten Reihen zu behandeln.

Hinsichtlich des Feuchtigkeitsgehalts gilt dasselbe, was für die beiden anderen Reihen gesagt wurde. Es muss darauf hingewiesen werden, dass man hier eine grössere Gleichmässigkeit erwartet hätte, da bei der niedrigen Temperatur Atmung und Pilzentwicklung gehemmt werden. Offenbar aber war der Unterschied der Bedingungen doch nicht stark genug, um bei Gleichheit des Hauptfaktors, Feuchtigkeit, augenfällige Einflüsse in gedachtem Sinne zu erzielen.

Das 1000-Korngewicht blieb wieder unverändert.

Die Entwicklung der Keimreife war gegenüber der bei zeitweise erhöhter Temperatur gelagerten Reihe etwas zurückgeblieben, wie die Keimschnelligkeitszahlen bei 20° C. zeigen:

Keimschnelligkeit	f	bei tagsüber erhöhter Temperatur gelagert	$86.9 \pm 2.0 \%$
nach 2 Wochen	{	„ erniedrigter Temperatur gelagert	$75.3 \pm 1.1 \%$
Unterschied: $-10.7 \pm 2.3 \%$			

Gleich dagegen ist die Entwicklung gegenüber der bei Zimmertemperatur gelagerten Reihe, soweit der einzelne Versuch einen Vergleich zulässt. In 4 Wochen war aber auch hier die volle Keimreife erreicht. Der nochmalige Rückgang in der Keimschnelligkeit nach 6 Wochen muss als eine Zufälligkeit angesehen werden, der eine Bedeutung nicht zukommt, zumal der dieser Zahl im Gegensatz zu den übrigen Ergebnissen anhaftende hohe wahrscheinliche Fehler ($\pm 2.6 \%$) eine Unregelmässigkeit vermuten lässt. Im übrigen zeigen die Versuche ausgezeichnete Gleichmässigkeit.

Es ist mithin bei allen drei Versuchsreihen, in denen die Samen unter Luftabschluss lagerten, also eine Feuchtigkeitsabgabe nicht möglich war, eine verhältnismässig schnelle Zu-

II. Entwicklung unter verschiedenen Lagerbedingungen.
A. Lagerung unter Luftabschluss.
3. Bei erniedrigter Temperatur.

Dauer der Lagerung	Feuchtigkeitsgehalt			1000-Korngewicht			Keimung bei 20° C.				
	%	Abweichung gegen Ausgangssaat		g	Abweichung gegen Ausgangssaat		Keimschnelligkeit n. 3 Tagen		Keimfähigkeit nach 10 Tagen		Abweichung gegen Ausgangssaat %
		o/o	o/o		g	g	Nummer	gekeimt o/o	Abweichung gegen Ausgangssaat o/o	gekeimt o/o	
Ausgangssaat											
2 Wochen	16.41 ± 0.04	—	—	30.8 ± 0.2	—	—	1	62.2 ± 1.3	—	92.6 ± 0.5	—
4 "	16.76 ± 0.02	+ 0.35 ± 0.04	+ 0.3 ± 0.4	31.1 ± 0.3	+ 0.3 ± 0.2	+ 0.3 ± 0.4	10	75.3 ± 1.1	+ 13.1 ± 1.7	95.3 ± 0.9	+ 2.7 ± 1.0
6 "	16.75 ± 0.10	+ 0.34 ± 0.11	+ 0.3 ± 0.1	31.5 ± 0.1	+ 0.7 ± 0.2	+ 0.3 ± 0.4	37	92.0 ± 1.3	+ 29.8 ± 1.8	94.7 ± 1.1	+ 2.1 ± 1.2
8 "	17.27 ± 0.07	+ 0.86 ± 0.08	+ 0.3 ± 0.4	31.1 ± 0.4	+ 0.3 ± 0.4	+ 0.3 ± 0.4	64	86.0 ± 2.6	+ 23.8 ± 2.9	94.0 ± 0.6	+ 1.4 ± 0.8
10 "	—	—	—	30.1 ± 0.2	+ 0.7 ± 0.3	+ 0.7 ± 0.3	91	95.3 ± 1.1	+ 33.1 ± 1.7	97.3 ± 0.4	+ 4.7 ± 0.6
12 "	16.85 ± 0.03	+ 0.44 ± 0.05	+ 0.4 ± 0.6	30.9 ± 0.5	+ 0.1 ± 0.6	+ 0.1 ± 0.6	118	94.7 ± 1.5	+ 32.5 ± 2.0	96.0 ± 0.6	+ 3.4 ± 0.8
	17.20 ± 0.04	0.79 ± 0.06	0.79 ± 0.06	31.0 ± 0.3	+ 0.2 ± 0.4	+ 0.2 ± 0.4	145	95.3 ± 1.1	+ 33.1 ± 1.7	95.3 ± 1.1	+ 2.7 ± 1.2

Dauer der Lagerung	Keimung bei etwa 10° C.					Keimtriebkraft		
	Keimschnelligkeit nach 3 Tagen		Keimfähigkeit nach 10 Tagen			Gesunde Keimlinge nach 10 Tagen		Abweichung gegen Ausgangssaat o/o
	Nummer	gekeimt o/o	Abweichung gegen Ausgangssaat o/o	gekeimt o/o	Abweichung gegen Ausgangssaat o/o	entwickelt o/o	Nummer	
Ausgangssaat								
2 Wochen	2	92.4 ± 0.6	—	95.8 ± 0.6	—	90.2 ± 1.0	3	—
4 "	11	92.0 ± 1.3	— 0.4 ± 1.4	95.3 ± 1.1	— 1.5 ± 1.3	93.3 ± 0.4	12	+ 3.1 ± 1.1
6 "	38	91.3 ± 1.1	— 1.1 ± 1.3	96.7 ± 2.2	— 0.1 ± 2.3	96.7 ± 0.9	39	+ 6.5 ± 1.3
8 "	65	94.0 ± 0.0	+ 1.6 ± 0.7	96.0 ± 0.6	— 0.8 ± 0.8	93.3 ± 1.1	66	+ 3.1 ± 1.5
10 "	92	87.3 ± 0.4	— 5.1 ± 0.6	97.3 ± 0.9	+ 0.5 ± 1.1	91.3 ± 1.1	93	+ 1.1 ± 1.5
12 "	119	0.0 ± 0.0 ²⁾	— 92.4 ± 0.6	98.0 ± 0.0	+ 1.2 ± 0.6	92.0 ± 0.6	120	— 0.2 ± 1.2
	146	0.0 ± 0.0 ²⁾	— 92.4 ± 0.6	97.3 ± 0.4	+ 0.5 ± 0.7	94.7 ± 0.4	147	+ 4.5 ± 1.1

¹⁾ Vergl. Anm. S. 75. — ²⁾ Nach 5 Tagen: 91.3 ± 0.4 % — ³⁾ Nach 5 Tagen: 96.0 ± 0.6 %.

nahme der Keimreife festgestellt. Besonders beachtenswert ist, dass auch gleichzeitig auftretende niedrige Temperaturen, wie sie im vorliegenden Versuch angewandt wurden, sie nur wenig zu verzögern vermochten. Für die bei gewöhnlichen Temperaturen lagernden Samen ist dies bereits von HOTTER,¹⁾ WIECHMANN²⁾ und KIESSLING³⁾ nachgewiesen. Für niedrige Temperaturen schien es jedoch nach den Mitteilungen von ATTERBERG⁴⁾ nicht zuzutreffen. Nach diesem Autor können Getreidekörner trotz trockner Lagerung und relativ niedrigem Wassergehalt den ganzen Winter hindurch unverändert liegen, ohne die volle Keimreife zu bekommen. Im Frühling bei steigender Temperatur tritt aber die Reife ein.

Dieser scheinbare Gegensatz mit den hier vorliegenden Versuchen wird sich jedoch dadurch erklären, dass der Reifegrad bei der Ernte hierfür eine sehr wesentliche Rolle spielt und ebenso die angewandten Temperaturen. Das von ATTERBERG zu seinen Versuchen benutzte Getreide dürfte einen sehr viel niedrigeren Reifegrad gehabt haben als das, das hier benutzt wurde und ebenso liegen die schwedischen Wintertemperaturen weit unter den von mir als „erniedrigter Temperatur“ geschaffenen Bedingungen. Dagegen scheinen sich bei höherem Feuchtigkeitsgehalt auch schon bei den von mir benutzten niedrigen Temperaturen dieselben Erscheinungen wie bei den ATTERBERG'schen Versuchen einzustellen. Meiner Ansicht nach liegen hier Wechselbeziehungen zwischen Reifegrad, Feuchtigkeit und Temperatur vor.

Was die verschiedenen Keimungsverfahren betrifft, so hat sich bei der Keimschnelligkeit zunächst der schon besprochene Unterschied einer verlangsamten Keimung bei 20° C. nach 2 Wochen ergeben (mangelnde Keimreife). Sodann bestätigt sich auch hier die schon bei der vorigen Reihe gemachte Beobachtung, dass in späteren Reifestadien, also nach längerem Lagern, die niedrigen Temperaturen verzögernd auf die Keimschnelligkeit wirken, wie die nachstehenden Gegenüberstellungen zeigen:

¹⁾ a. a. O. S. 86.

²⁾ WIECHMANN, Untersuchungen über die Keimungsverhältnisse der Gerste. Mitt. der Österr. Vers.-Station für Brauerei und Mälzerei, Wien 1892 (nach KIESSLING).

³⁾ a. a. O. S. 72.

⁴⁾ a. a. O. S. 205.

Lagerung	2	4	6 Wochen
Keim Schnelligkeit bei 10 ° C.	92.0 \pm 1.3 %	91.3 \pm 1.1 %	94.0 \pm 0.0 %
" " 20 ° C.	75.3 \pm 1.1 "	92.0 \pm 1.3 "	86.0 \pm 2.6 "
	- 16.7 \pm 1.7 %	+ 0.7 \pm 1.7 %	- 8.0 \pm 2.6 %
Lagerung	8	10	12 Wochen
Keim Schnelligkeit bei 10 ° C.	87.3 \pm 0.4 %	0.0 \pm 0.0 %	0.0 \pm 0.0 %
" " 20 ° C.	95.3 \pm 1.1 "	94.7 \pm 1.5 "	95.3 \pm 1.1 "
	+ 8.0 \pm 1.2 %	+ 94.7 \pm 1.5 %	+ 95.3 \pm 1.1 %

Auf die Abweichung in der 6. Woche ist schon hingewiesen. Es bestätigt auch hier wieder die Höhe der wahrscheinlichen Schwankung, dass diesem Unterschied ein besonderer Wert nicht beizumessen ist.

Für die Keimfähigkeitszahlen ergibt sich wieder eine völlige Gleichwertigkeit der angewandten beiden Untersuchungsverfahren:

Lagerung	2	4	6 Wochen
Keimfähigkeit bei 10 ° C.	95.3 \pm 1.1 %	96.7 \pm 2.2 %	96.0 \pm 0.6 %
" " 20 ° C.	95.3 \pm 0.9 "	94.7 \pm 1.1 "	94.0 \pm 0.6 "
	0.0 \pm 1.4 %	- 2.0 \pm 2.5 %	- 2.0 \pm 0.8 %
Lagerung	8	10	12 Wochen
Keimfähigkeit bei 10 ° C.	97.3 \pm 0.9 %	98.0 \pm 0.0 %	97.3 \pm 0.4 %
" " 20 ° C.	97.3 \pm 0.4 "	96.0 \pm 0.6 "	95.3 \pm 1.1 "
	0.0 \pm 1.0 %	- 2.0 \pm 0.6 %	- 2.0 \pm 1.2 %

Die Keimtriebkraft zeigt während der ganzen Beobachtungszeit keine wesentlichen Veränderungen. Nur bei der vierten Woche kann man vielleicht von einer geringen Steigerung sprechen, die jedoch keine durchgreifende und bleibende ist und auch nur gegenüber der Ausgangssaat besteht. Die Ergebnisse sind ausnahmslos sehr günstig und es bestätigt sich wieder die ausgezeichnete Wirkung einer kühlen Lagerung, selbst wenn die sonstigen Bedingungen nicht die zuträglichsten sind.

Überblickt man nochmals kurz die Ergebnisse dieser drei unter Luftabschluss durchgeführten Versuchsreihen, so ergibt sich zunächst, dass ein Nachreifen auch ohne jede Austrocknung vor sich geht, mag es sich um hohe, mittlere oder niedrige Lagerungstemperaturen handeln. Höhere Temperaturen scheinen auch unter diesen Bedingungen (Luftabschluss) die Keimreife zu beschleunigen.

Ferner machen es die vorliegenden Versuche wahrscheinlich, dass frische Samen gegen Luftabschluss weniger empfindlich sind als abgelagerte, wenigstens innerhalb eines gewissen Feuchtigkeitsgrades. Nichtsdestoweniger gilt auch für sie die starke Schädigung bei Zusammentritt von Luftabschluss und höheren Temperaturen. Niedrige Lagerungstemperaturen haben sich auch hier als ausserordentlich zweckdienlich gezeigt.

Für die Endzahlen der Keimprüfungen ist es im allgemeinen gleichgültig, ob diese bei erniedrigter Temperatur oder der gewöhnlichen Keimtemperatur von 20° C. ausgeführt werden. Auf die Keimschnelligkeit wirken niedrige Temperaturen gleich nach der Ernte, bis zur Erlangung der vollen Keimreife fördernd. Ist jedoch die volle Keimreife erreicht, so macht sich eine Verzögerung der Keimschnelligkeit durch niedrige Temperaturen geltend.

B. Lagerung bei freiem Luftzutritt.

1. Bei tagsüber erhöhter Temperatur (10 Stunden 35° C., 14 Stunden 18° C.), a) trocken.

a) trocken.

(Siehe die Tabelle auf S. 91.)

Wie in der Einleitung bereits erwähnt wurde, handelt es sich bei dieser Reihe um Samen, die täglich 10 Stunden lang bei 35° C. im Thermostaten, die übrige Zeit bei Zimmertemperatur gelagert wurden. Es liegt hier also, da ein Entweichen der Feuchtigkeit möglich ist, ein allmählich immer weiter getriebenes Austrocknen vor.

Dies kommt durch die stufenweise Abnahme des Feuchtigkeitsgehalts zum Ausdruck, wie sie sich aus nachstehender Aufstellung ergibt:

Feuchtigkeitsabnahme zwischen den einzelnen Beobachtungszeiten:

0. : 2.	2. : 4.	4. : 6.	Woche
16.41 ± 0.04 ‰	11.74 ± 0.07 ‰	11.69 ± 0.02 ‰	Wassergehalt
11.74 ± 0.07 "	11.69 ± 0.02 "	11.64 ± 0.16 "	"
— 4.67 ± 0.08 ‰	— 0.05 ± 0.07 ‰	— 0.05 ± 0.16 ‰	Unterschied
6. : 10.	10. : 12.	Woche	
11.64 ± 0.16 ‰	9.52 ± 0.04 ‰	Wassergehalt	
9.52 ± 0.04 "	8.90 ± 0.03 "	"	
— 2.12 ± 0.17 ‰	— 0.62 ± 0.05 ‰	Unterschied	

II. Entwicklung unter verschiedenen Lagerbedingungen.

B. Lagerung bei freiem Luftzutritt.

1. Bei tagüber erhöhter Temperatur, a) trocken.

Dauer der Lagerung	Feuchtigkeitsgehalt			1000-Korngewicht			Keimung bei 20° C.			
	°/o	Abweichung gegen Ausgangssaat °/o		g	Abweichung gegen Ausgangssaat g		Keimschnelligkeit n. 3 Tagen		Keimfähigkeit nach 10 Tagen	
							Nummer	gekeimt °/o	Abweichung gegen Ausgangssaat °/o	gekeimt °/o
Ausgangssaat	16.41 ± 0.04	—	—	30.8 ± 0.2	—	—	1	62.2 ± 1.3	—	92.6 ± 0.5
2 Wochen	11.74 ± 0.07	-4.67 ± 0.08	-4.67 ± 0.08	29.0 ± 0.2	-1.8 ± 0.3	-1.8 ± 0.3	13	94.0 ± 0.6	31.8 ± 1.4	96.7 ± 1.1
4 "	11.69 ± 0.02	-4.72 ± 0.04	-4.72 ± 0.04	29.4 ± 0.2	-1.4 ± 0.3	-1.4 ± 0.3	40	94.0 ± 0.6	31.8 ± 1.4	97.5 ± 1.1
6 "	11.64 ± 0.16	-4.77 ± 0.17	-4.77 ± 0.17	28.8 ± 0.4	-2.0 ± 0.4	-2.0 ± 0.4	67	92.0 ± 2.0	29.8 ± 2.4	94.0 ± 1.3
8 "	— ¹⁾	—	—	29.3 ± 0.3	-1.5 ± 0.4	-1.5 ± 0.4	94	95.3 ± 0.9	33.1 ± 1.6	95.3 ± 0.9
10 "	9.52 ± 0.04	-6.89 ± 0.06	-6.89 ± 0.06	28.4 ± 0.5	-2.4 ± 0.5	-2.4 ± 0.5	121	94.0 ± 0.6	31.8 ± 1.4	98.0 ± 0.6
12 "	8.90 ± 0.03	-7.51 ± 0.05	-7.51 ± 0.05	28.3 ± 0.3	-2.5 ± 0.4	-2.5 ± 0.4	148	94.0 ± 1.4	31.8 ± 1.9	95.3 ± 0.4

Dauer der Lagerung	Keimung bei etwa 10° C.			Keimtriebkraft		
	Keimschnelligkeit nach 3 Tagen		Keimfähigkeit nach 10 Tagen	Gesunde Keimlinge nach 10 Tagen		Abweichung gegen Ausgangssaat °/o
	Nummer	gekeimt °/o	Abweichung gegen Ausgangssaat °/o	entwickelt °/o	Nummer	
Ausgangssaat	2	92.4 ± 0.6	—	—	3	90.2 ± 1.0
2 Wochen	14	92.0 ± 1.3	-0.4 ± 1.4	-1.5 ± 1.3	15	96.7 ± 0.9
4 "	41	94.7 ± 1.1	+2.3 ± 1.3	-1.5 ± 1.1	42	97.3 ± 1.1
6 "	68	81.3 ± 2.4 ²⁾	-11.1 ± 2.5	+1.5 ± 1.9	69	96.7 ± 0.9
8 "	95	86.0 ± 4.0 ³⁾	-6.4 ± 4.0	+1.2 ± 0.8	96	92.0 ± 1.3
10 "	122	0.0 ± 0.0 ⁴⁾	-92.4 ± 0.6	+1.2 ± 0.8	123	93.3 ± 1.1
12 "	149	0.0 ± 0.0 ⁵⁾	-92.4 ± 0.6	+2.5 ± 0.7	150	96.0 ± 0.0

¹⁾ Vergl. Anm. S. 75. — ²⁾ Nach 5 Tagen: 96.7 ± 1.5 °/o — ³⁾ Nach 5 Tagen: 98.0 ± 0.6 °/o — ⁴⁾ Nach 5 Tagen: 94.7 ± 1.8 °/o. — ⁵⁾ Nach 5 Tagen: 99.3 ± 0.4 °/o.

Es zeigt sich also in den Abstufungen ausnahmslos ein Minus, wenn auch in den einzelnen Fällen die Abweichungen so unbedeutend sind, dass sie als sichere Unterschiede nicht gelten können. Die Gesamtabweichung zwischen der 0. und 12. Woche beträgt $-7.51 \pm 0.05 \%$, ist also sehr bedeutend. Aber auch der Wasserverlust bis zur 2. Woche ist so bedeutend, dass schon hier ein aussergewöhnlich trockenes Saatgut vorliegt.

Was die Keimergebnisse betrifft, so erkennt man hier die bezeichnenden Erscheinungen einer vorsichtig und ausgiebig getrockneten Saat: Steigerung der Keimschnelligkeit und soweit möglich auch der Keimfähigkeit, desgleichen auch der Keimtriebkraft. Von irgend einer Beeinträchtigung der Lebenskraft konnte unter den gestellten Bedingungen a priori nicht die Rede sein, wohl aber von einer Förderung, die am deutlichsten in einer Steigerung der Keimtriebkraft zum Ausdruck kommt. Um eine schrittweise Staffelung kann es sich hier naturgemäss weniger handeln, da einerseits schon bei Versuchsbeginn die Keimtriebkraft eine recht günstige war und andererseits die Austrocknung und Nachreife bereits nach zwei Wochen recht beträchtlich und zwar zur vollen Keimreife führend vorgeschritten war.

Es ergibt sich jedoch eine deutliche Zunahme, wenn man die Summe der nach 2, 4 usw. Wochen, also nach erfolgter Vollreife, ermittelten Keimtriebkraft-Zahlen der 6fachen Keimtriebkraft der Ausgangssaat gegenüberstellt:

Keimtriebkraft der Ausgangssaat (6fach)	541.2 \pm 2.5 Keime
Summe der Keimtriebkraftzahlen nach 2, 4, 6, 8, 10 und 12 Wochen	572.0 \pm 2.4 „
<hr/>	
Unterschied:	+ 30.8 \pm 3.4 Keime

Hinsichtlich der Keimung bei verschiedenen Temperaturen bestätigt sich auch hier wieder die Tatsache, dass niedrige Temperaturen in geringem Mafse keimungs-verzögernd wirken:

Lagerung	2	4	6 Wochen
Keimschnelligkeit bei 20° C.	94.0 \pm 0.6 %	94.0 \pm 0.6 %	92.0 \pm 2.0 %
„ „ 10° C.	92.0 \pm 1.3 „	94.7 \pm 1.1 „	81.3 \pm 2.4 „
	<hr/>	<hr/>	<hr/>
	- 2.0 \pm 1.4 %	+ 0.7 \pm 1.3 %	-- 10.7 \pm 3.1 %
Lagerung	8	10	12 Wochen
Keimschnelligkeit bei 20° C.	95.3 \pm 0.9 %	94.0 \pm 0.6 %	94.0 \pm 1.4 %
„ „ 10° C.	86.0 \pm 4.0 „	0.0 \pm 0.0 „	0.0 \pm 0.0 „
	<hr/>	<hr/>	<hr/>
	- 9.3 \pm 4.1 %	- 94.0 \pm 0.6 %	- 94.0 \pm 1.4 %

Allerdings sind in der 6. Woche und in noch erhöhtem Masse in der 8. Woche die wahrscheinlichen Schwankungen ganz aussergewöhnlich hoch und beeinträchtigen dadurch sehr erheblich die Beweiskraft dieser Zahlen; immerhin ist aber durch sie der Anfang einer Abnahme — oder wenn man will ein Übergangsstadium — gekennzeichnet.

Die Keimfähigkeit liefert wieder in ihren Endzahlen für beide Untersuchungsverfahren gleiche Werte:

Lagerung	2	4	6 Wochen
Keimfähigkeit bei 20° C.	96.7 ± 1.1 %	97.3 ± 1.1 %	94.0 ± 1.3 %
" " 10° C.	95.3 ± 1.1 "	95.3 ± 0.9 "	97.3 ± 1.8 "
	— 1.4 ± 1.6 %	— 2.0 ± 1.4 %	+ 2.7 ± 2.2 %
Lagerung	8	10	12 Wochen
Keimfähigkeit bei 20° C.	95.3 ± 0.9 %	98.0 ± 0.6 %	95.3 ± 0.4 %
" " 10° C.	98.0 ± 0.6 "	98.0 ± 0.6 "	99.3 ± 0.4 "
	+ 2.7 ± 1.1 %	0.0 ± 0.8 %	+ 4.0 ± 0.6 %

Es ist demnach ein sicherer Unterschied nur bei der letzten Beobachtungszeit festgestellt, während in allen anderen Fällen die Abweichungen infolge der ihnen anhaftenden wahrscheinlichen Schwankungen als unwesentlich gelten müssen. Infolgedessen vermag auch der eine Fall das Gesamtbild nicht zu ändern, zumal es sich nicht um ein stetiges Fortschreiten handelt.

Schliesslich verlohnt sich noch eine Gegenüberstellung der unter Luftabschluss und der bei Luftzutritt, im übrigen aber gleichmässig bei zeitweise erhöhter Temperatur gelagerten Samen. Hierbei ist in erster Linie zu betonen, dass eine schnellere Nachreife durch das Austrocknen nach den vorliegenden Versuchen nicht stattgefunden hat. Allerdings mag der Unterschied von $94.0 \pm 0.6 \%$: $86.0 \pm 2.0 \%$ mit $8.0 \pm 2.1 \%$ gerade noch als ein solcher gelten. Es ist aber zu berücksichtigen, dass in diesen $86.0 \pm 2.0 \%$ auch schon die Abnahme durch die beeinträchtigenden Lagerbedingungen enthalten ist, die ja zweifellos bereits vorgelegen hat, wie die übrigen Versuchszahlen jener Reihe einwandfrei erhärten.

Im übrigen erkennt man deutlich die günstige Wirkung der vorliegenden Reihe gegenüber der stark schädigenden Wirkung der unter A. 1. angewandten Versuchsbedingungen.

b) feucht.

(Siehe die Tabelle auf S. 94.)

Eine ganz andere Wirkung wird jedoch erzielt, sobald die Samen sich in einer feuchten Umgebung befinden. Die Versuchsanstellung war, wie schon in der Einleitung angedeutet, so getroffen, dass die Samen sich in kleinen Leinenbeutel befanden, die in einem mit Feuchtigkeit annähernd gesättigtem Raum aufgehängt waren. Hiermit war der Luftzutritt nicht hermetisch abgeschlossen, aber auch nicht für so kräftige Durchlüftung gesorgt, wie dies in meinen früheren Durchlüftungsversuchen¹⁾ der Fall war. Es waren Bedingungen geschaffen, die mehr den in der Praxis vorliegenden Fällen entsprechen — ein vielleicht etwas gehemmter Luftzutritt — und aus diesem Grunde dürften die vorliegenden Ergebnisse ganz besondere Beachtung verdienen.

Bei der Versuchsanstellung sollte jedoch unter allen Umständen vermieden werden, dass sich tropfbar-flüssiges Wasser an den Samen niederschlägt, was bei den angewandten wechselnden Temperaturen grosse Schwierigkeiten verursachte und nur durch Herabminderung des Luftfeuchtigkeitsgehalts in dem Aufbewahrungsraum erreicht werden konnte. Hierdurch wurde leider der Wassergehalt der Samen nicht ständig auf der gewünschten Höhe gehalten, sondern sank sogar am Schluss der Versuchszeit auf den Stand der Ausgangssaat. Aber trotzdem hatten die verhältnismässig kurzen Einwirkungen stärkerer Feuchtigkeitsgrade bei höheren Temperaturen eine beträchtliche Schädigung bewirkt, ja sie setzt sogar auffallend schnell ein.

Zunächst schreitet die Keimreife weiter vor, wie die aus obiger Liste erkenntliche Zunahme der Keimschnelligkeit bei 20° C. um $+21.1 \pm 2.5\%$ erkennen lässt. Zur vollen Geltung kommt jedoch die Keimreife nicht, denn die sogleich einsetzende Schädigung verdeckt sie vollständig. Der schrittweise Rückgang der Keimfähigkeits-Zahlen ist aus folgender Aufstellung ersichtlich:

Keimfähigkeits-Abnahme zwischen den einzelnen Beobachtungszeiten bei 20° C.

0.:2.	2.:4.	4.:6. Woche
$92.6 \pm 0.5\%$	$89.3 \pm 2.4\%$	$75.3 \pm 1.1\%$
$89.3 \pm 2.4\%$	$75.3 \pm 1.1\%$	$68.0 \pm 3.3\%$
$-3.3 \pm 2.5\%$	$-14.0 \pm 2.6\%$	$-7.3 \pm 3.5\%$

¹⁾ a. a. O. S. 307.

6.:8.	8.:10.	10.:12. Woche
$68.0 \pm 3.3 \%$	$57.3 \pm 2.8 \%$	$54.7 \pm 1.8 \%$
$57.3 \pm 2.8 \%$	$54.3 \pm 1.8 \%$	$49.3 \pm 1.5 \%$
$-10.7 \pm 4.3 \%$	$-2.6 \pm 3.3 \%$	$-5.4 \pm 2.3 \%$

Keimfähigkeits-Abnahme zwischen den einzelnen Beobachtungszeiten bei 10° C.

0.:2.	2.:4.	4.:6. Woche
$96.8 \pm 0.6 \%$	$90.7 \pm 0.9 \%$	$62.0 \pm 1.9 \%$
$90.7 \pm 0.9 \%$	$62.0 \pm 1.9 \%$	$62.0 \pm 2.6 \%$
$-6.1 \pm 1.1 \%$	$-28.7 \pm 2.1 \%$	$-0.0 \pm 3.2 \%$

6.:8.	8.:10.	10.:12. Woche
$62.0 \pm 2.6 \%$	$60.0 \pm 1.3 \%$	$50.0 \pm 0.6 \%$
$60.0 \pm 1.3 \%$	$50.0 \pm 0.6 \%$	$47.3 \pm 1.1 \%$
$-2.0 \pm 2.9 \%$	$-10.0 \pm 1.4 \%$	$-2.7 \pm 1.3 \%$

Die Abnahme geht hiernach so allmählich vor sich und zwar sowohl bei der kalten wie bei der warmen Keimung, dass zwischen den einzelnen Beobachtungszeiten die Unterschiede nur in einzelnen Fällen ausgeprägt vorhanden sind. Namentlich aus dem Grunde, weil die einzelnen Durchschnittswerte infolge der unter den obwaltenden Bedingungen ungleichmässigen Keimung durchweg mit ziemlich hohen wahrscheinlichen Schwankungen behaftet sind. In grösseren Zwischenräumen treten jedoch die Unterschiede deutlich hervor.

Die Keimfähigkeitszahlen zeigen sich wieder in ihren Endergebnissen für kalte und warme Keimung gleichwertig:

Lagerung	2	4	6 Wochen
Keimfähigkeit bei 10° C.	$90.7 \pm 0.9 \%$	$62.0 \pm 1.9 \%$	$62.0 \pm 2.6 \%$
" " 20° C.	$89.3 \pm 2.4 \%$	$75.3 \pm 1.1 \%$	$68.0 \pm 3.3 \%$
	$-1.4 \pm 2.6 \%$	$-6.7 \pm 2.2 \%$	$+6.0 \pm 4.3 \%$
Lagerung	8	10	12 Wochen
Keimfähigkeit bei 10° C.	$60.0 \pm 1.3 \%$	$50.0 \pm 0.6 \%$	$47.3 \pm 1.1 \%$
" " 20° C.	$57.3 \pm 2.8 \%$	$54.7 \pm 1.8 \%$	$49.3 \pm 1.5 \%$
	$-2.7 \pm 3.1 \%$	$+4.7 \pm 1.9 \%$	$+2.0 \pm 1.9 \%$

Denn sämtliche Unterschiede, bewertet durch die ihnen zukommenden wahrscheinlichen Schwankungen, sind so niedrig, dass ihnen eine Bedeutung nicht beizulegen ist. Sehr bezeichnend sind dagegen wieder die Unterschiede in der kalten und warmen

Mitteilung der landw. Versuchsstation Rostock i. M.

Über die Zusammensetzung und Verdaulichkeit von Laubreith (*Arundo phragmites*) und Hing oder Kattig (*Scirpus maritimus*).

Von

F. HONCAMP und E. BLANCK.

Da infolge der anhaltenden Trockenheit die Rohfutterernte im Jahre 1915 eine z. T. recht schlechte und Kraftfutter infolge des ausgebrochenen Weltkrieges so gut wie nicht zu haben war, so waren die Landwirte mancher Gegenden gezwungen, wenn sie überhaupt ihren Viehbestand durchhalten wollten, sich nach einem geeigneten Ersatz für die fehlenden Rohfutterstoffe umzusehen. In der Provinz Hannover hat man infolgedessen vielfach, und zwar mehr wohl als sonst, auf das an den Elbufern und auf den Elbinseln wachsende Schilfrohr (*Arundo phragmites*) und die Wasserbinse (*Scirpus maritimus*) zurückgegriffen. Von beiden gewonnenes Heu erhielten wir durch die gütige Vermittlung des landwirtschaftlichen Hauptvereins für den Regierungsbezirk Stade.

Die Versuche wurden mit zwei etwa dreijährigen Hammeln der Rambouillet-Rasse ausgeführt. Als Grundfutter hatten die Tiere ein Wiesenheu erhalten, welches in der Trockensubstanz enthielt:

Rohprotein	11.46 %	Rohfett (Ätherextrakt)	2.44 %
Reineiweiss	9.69 „	Rohfaser	28.91 „
N-freie Extraktstoffe	49.32 „	Reinasche	7.88 „

Dieses Wiesenheu war in einer gesonderten Periode auf seine Verdaulichkeit geprüft worden. In Prozenten der einzelnen Bestandteile hatten die beiden Versuchstiere verdaut:

	Hammel XI	Hammel XII	im Mittel
	%	%	%
Trockensubstanz	65.1	63.4	64.3
Organische Substanz	67.2	65.5	66.4
Rohprotein	67.3	64.3	65.8
N-freie Extraktstoffe	67.5	67.1	67.3
Rohfett (Ätherextrakt).	47.3	50.0	48.7
Rohfaser	68.4	64.5	66.5

Das hier benutzte Wiesenheu enthielt mithin an verdaulichen Nährstoffen:

Rohprotein	7.54 %
N-freie Extraktstoffe	33.19 „
Rohfett (Ätherextrakt)	1.19 „
Rohfaser	19.23 „

Schilfrohr (*Arundo phragmites*).

Dieses Rispengras entwickelt auf günstigem, d. h. feuchtem Boden Halme von $1\frac{1}{2}$ — $2\frac{1}{2}$ m Höhe. In jugendlichem Zustande, also vor der Blüte geschnitten, wird es von Pferden sowohl wie von Kühen und Schafen gern gefressen. Über die chemische Zusammensetzung des Schilfrohrs liegen nach E. PORT nur zwei Angaben vor, nämlich von L. GRANDEAU für grünes Schilfrohr und von A. PASQUALINI für getrocknetes.

	grün	getrocknet
	%	%
Trockensubstanz	50.4	90.4
Stickstoffhaltige Substanz	3.9	8.1
Rohfett	1.4	1.6
Stickstofffreie Extraktstoffe	19.6	44.3
Rohfaser	19.6	28.9
Asche	6.0	7.5

Bei den GRANDEAUSCHEN Untersuchungen waren von den stickstofffreien Extraktstoffen 9.6 % in Form von Stärke und 1 % in Form von Zucker vorhanden.

Hiernach wird man also, wenigstens zunächst in Bezug auf seinen Gehalt an Rohnährstoffen, das Schilfrohr ganz entschieden

höher als unsere Stroharten einzuschätzen haben. In den hannöverschen Marschgegenden, wo vielfach junges Schilf verfüttert wird, stellt man ihn im allgemeinen mit Sommerhalmstroh auf eine Stufe.

Eine Probe Laubreith, die von der landwirtschaftlichen Versuchsstation Hildesheim untersucht worden war, enthielt:

	in lufttrockenem Zustande (mit 15 % Feuchtigkeit)	in der Trockensubstanz
	%	%
Rohprotein	9.13	10.74
Rohfett	1.60	1.89
N-freie Extraktstoffe	32.29	37.98
Rohfaser	32.90	38.70
Mineralsubstanz	9.08	10.69

Das von uns verfütterte Produkt wies in der wasserfreien Substanz folgenden Gehalt an Rohnährstoffen auf:

Rohprotein	Reinweiß	N-freie Extraktstoffe	Rohfett	Rohfaser	Reinasche
7.59 %	7.49 %	44.47 %	1.28 %	37.48 %	9.18 %

Hiervon verfütterten wir neben 300 g Wiesenheu pro Kopf und Tag 350 g.

Über die in dieser Periode ausgeschiedenen Kotmengen, Tränkwasserkonsum usw. gibt die im Anhang befindliche Tabelle nähere Auskunft.

Die Zusammensetzung des ausgeschiedenen Fäzes war, berechnet auf Trockensubstanz, folgende:

	Rohprotein	N-freie Extraktstoffe	Rohfett	Rohfaser	Reinasche
Hammel XI . . .	8.03 %	45.62 %	1.89 %	29.98 %	14.48 %
„ XII . . .	7.98 „	45.54 „	1.85 „	30.00 „	14.63 „

Mit Hilfe aller hier wiedergegebenen Daten berechnet sich nun die Verdaulichkeit des Schilfrohrs wie folgt:

(Siehe die Tabelle auf S. 116.)

Hiernach wurden vom Schilfrohr in Prozenten der einzelnen Bestandteile verdaut:

	Trocken- substanz g	Organische Substanz g	Roh- protein g	N-freie Extraktstoffe g	Rohfett (Äther- extrakt) g	Rohfaser g
Hammel XI verzehrt.						
300 g Wiesenheu (78.97 %) . . .	236.9	218.2	27.1	116.8	5.8	68.5
350 g Laubreith (81.89 %) . . .	286.6	260.3	21.8	127.5	3.7	107.4
Gesamtverzehr:	523.5	478.5	48.9	244.3	9.5	175.9
Ausgeschieden im Kot	291.6	249.4	23.4	133.0	5.5	87.4
Verdaut im ganzen:	231.9	229.1	25.5	111.3	4.0	88.5
Verdaut vom Wiesenheu	152.3	144.9	17.8	78.6	2.8	45.6
Verdaut von Laubreith:	79.6	84.2	7.7	32.7	1.2	42.9
Hammel XII verzehrt wie XI.						
Gesamtverzehr	523.5	478.5	48.9	244.3	9.5	175.9
Ausgeschieden im Kot	286.6	244.7	22.9	130.5	5.3	86.0
Verdaut im ganzen:	236.9	233.8	26.0	113.8	4.2	89.9
Verdaut vom Wiesenheu	152.3	144.9	17.8	78.6	2.8	45.6
Verdaut von Laubreith:	84.6	88.9	8.2	35.2	1.4	44.3

	Hammel XI %	Hammel XII %	im Mittel %
Trockensubstanz	27.8	29.5	28.7
Organische Substanz	32.4	34.2	33.3
Rohprotein	35.3	37.6	36.5
N-freie Extraktstoffe	25.6	27.6	26.6
Rohfett (Ätherextrakt)	32.4	37.8	35.1
Rohfaser	39.9	41.2	40.6

Berechnen wir nunmehr mit Hilfe der gewonnenen Verdauungskoeffizienten den Gehalt des Schilfrohrs an verdaulichen Nährstoffen, sowie an verdaulichem Eiweiss und Stärkewert, so ergibt sich für dasselbe in der wasserfreien Substanz:

Rohprotein	2.53 %
N-freie Extraktstoffe	11.83 "
Rohfett (Ätherextrakt)	0.45 "
Rohfaser	15.22 "
verdauliches Eiweiss	2.3 "
Stärkewert	8.5 "

Für die Berechnung des Stärkewertes haben wir uns nicht einer Wertigkeitsziffer bedient, sondern nach dem Vorschlage von O. KELLNER für jedes Prozent im Schilfrohr vorhandener Rohfaser den Betrag von 0.58 in Abzug gebracht.

Auf einen durchschnittlichen Wassergehalt von 15 % umgerechnet, würden also in 100 kg Schilfrohr (*Arundo phragmites*) enthalten sein

1.8 kg verdauliches Eiweiss und 7.3 kg Stärkewert.

Das hier verfütterte und untersuchte Schilfrohr kann daher bezüglich seines Futterwertes, wenn schon es auch einen etwas höheren Gehalt an Rohprotein und verdaulichem Eiweiss aufweist, nicht höher als gewöhnliches Winterhalmstroh eingeschätzt werden.

Meerbinse (*Scirpus maritimus*).

Über die chemische Zusammensetzung der Meerbinse und ihren Wert als Futterstoff haben wir in der Literatur keine Angaben finden können. PORR gibt sie nur unter jenen Wiesenpflanzen an, die sich regelmässig auf sogenannten Salzwiesen oder Salzweiden vorfinden sollen. Nach den uns gütigst vom Landwirtschaftlichen Hauptverein für den Regierungsbezirk Stade gemachten Mitteilungen wächst die Meerbinse, örtlich Kattig oder Hing genannt, auf den Anlandungen in der Elbe, die bei hohem Wasser meistens überschwemmt werden. Kattig wird hier im Gegensatz zum Schilf, das mehrmals gemäht werden kann und auch gemäht wird, als wertvoller angesehen. Der Wert des Kattigs wird demjenigen von Haferstroh, aber nicht von gutem Heu gleichgestellt. Beim Kattig sollen die Früchte ölhaltig sein und hierdurch der Futterwert desselben erhöht werden. Ein zu frühes Mähen hält man nicht für ratsam. Andererseits darf man aber auch nicht allzu lange hiermit warten, weil sonst inzwischen die Stengelteile zu hart und holzig geworden sind. Im allgemeinen gibt Kattig nur einen Schnitt. In grossen Mengen wächst Kattig oder Hing an den Elbufern und auf den Elbinseln, so namentlich auf der Rhinsplatte, Pagensand, Kahlen-sand, Auberg, Julssand, Lühesand und Schweinesand. Verhältnismässig teuer wird hier die Einerntung dadurch, dass das frisch gemähte Futter per Schiff aufs feste Land gebracht und dort getrocknet werden muss. Bei der Einerntung ist darauf Bedacht

zu nehmen, dass mit den unteren Teilen nicht zu viel Schlick eingebracht und dass ferner das Grünzeug auch ordentlich getrocknet wird. Der getrocknete Kattig wird geschnitten mit Heu und Strohhäcksel an Pferde und Rindvieh verabreicht. Beide Tiergattungen sollen ihn sehr gern fressen.

An Rohnährstoffen wies die von uns verfütterte Probe in der Trockensubstanz folgenden Gehalt auf:

Rohprotein	Reineiweiss	N-freie Extraktstoffe	Rohfett	Rohfaser	Reinasche
10.29 %	9.25 %	46.02 %	2.20 %	30.98 %	10.51 %

Die Mengenverhältnisse des Futters waren in dieser Periode die gleichen wie in der vorhergehenden, nämlich pro Kopf und Tag 300 g Wiesenheu und 350 g Meerbinse (Kattig oder Hing).

Über Stalltemperatur, Kotausscheidung usw. ist auf die im Anhang befindliche Tabelle zu verweisen.

In der Trockensubstanz des Fäzes waren enthalten:

	Rohprotein	N-freie Extraktstoffe	Rohfett	Rohfaser	Reinasche
Hammel XI . .	10.30 %	46.62 %	2.49 %	25.79 %	14.80 %
„ XII . .	10.23 „	46.85 „	2.40 „	25.61 „	14.91 „

Die Verdaulichkeit des Kattigs berechnet sich auch hier wieder in der Weise, dass von der verdauten Menge des Gesamtfutters der auf das Wiesenheu entfallende Anteil in Abzug gebracht worden ist.

	Trocken- substanz g	Organische Substanz g	Roh- protein g	N-freie Extraktstoffe g	Rohfett (Äther- extrakt) g	Rohfaser g
Hammel XI verzehrt.						
300 g Wiesenheu (78.97 %) . .	236.9	218.2	27.1	116.8	5.8	68.5
350 g Kattig (77.05 %) . . .	231.2	206.9	23.8	106.4	5.1	71.6
Gesamtverzehr:	468.1	425.1	50.9	223.2	10.9	140.1
Ausgeschieden im Kote . . .	220.3	187.7	22.7	102.7	5.5	56.8
Verdaut im ganzen:	247.8	237.4	28.2	120.5	5.4	83.3
Verdaut vom Wiesenheu . . .	152.3	144.9	17.8	78.6	2.8	45.6
Verdaut von Kattig:	95.5	92.5	10.4	41.9	2.6	37.7

	Trocken- substanz g	Organische Substanz g	Roh- protein g	N-freie Extraktstoffe g	Rohfett (Äther- extrakt) g	Rohfaser g
Hammel XII verzehrt wie XI.						
Gesamtverzehr	468.1	425.1	50.9	223.2	10.9	140.1
Ausgeschieden im Kote	227.6	193.6	23.2	106.6	5.4	58.2
Verdaut im ganzen:	240.5	231.5	27.7	116.6	5.5	81.9
Verdaut vom Wiesenheu	152.3	144.9	17.8	78.6	2.8	45.6
Verdaut von Kattig:	88.2	86.6	9.9	38.0	2.7	36.3

Rechnet man die verdauten Mengen auf Prozente um, so ergeben sich für die einzelnen Nährstoffgruppen folgende Verdauungskoeffizienten:

	Trocken- substanz	Organische Substanz	Roh- protein	N-freie Extrakt- stoffe	Rohfett (Äther- extrakt)	Rohfaser
Hammel XI .	41.3 ‰	44.7 ‰	43.6 ‰	39.4 ‰	51.0 ‰	52.6 ‰
„ XII.	38.2 „	41.9 „	41.6 „	35.8 „	52.9 „	50.7 „
Im Mittel:	39.8 ‰	43.3 ‰	42.6 ‰	37.6 ‰	52.0 ‰	51.7 ‰

Berechnen wir auch hier in der üblichen Weise den Gehalt des Kattigs an verdaulichen Nährstoffen und an Stärkewert, so finden wir:

Rohprotein	4.38 %	Rohfett (Ätherextrakt)	1.14 %
N-freie Extraktstoffe	17.30 „	Rohfaser	16.02 „
Verdauliches Eiweiss	3.13 „	Stärkewert	20.63 „

Es würden hiernach in 100 kg lufttrockener Meerbinse, bei einem durchschnittlichen Feuchtigkeitsgehalt von 15 %, enthalten sein: 2.7 kg verdauliches Eiweiss und 17.5 kg Stärkewert. Wir müssten hiernach also die Meerbinse unter allen Umständen als einen wertvolleren Rohfutterstoff als das Schilfrohr ansprechen. Zu erwähnen ist noch, dass der hier verfütterte Kattig nach den uns gemachten Mitteilungen während und nach der Blüte geschnitten worden ist.

Man müsste demnach annehmen, dass man bei einem frühzeitigeren Schnitt als vor bzw. zu Beginn der Blüte ein noch besseres Rauhfutter erhalten würde. Diese zu unserem Versuch benutzte Meerbinse kann aber mit einem Gehalt von 2.7% verdaulichem Eiweiss und einem Stärkewert von 17.5 kg pro Doppelzentner als gleichwertig mit sehr gutem Sommerhalmstroh bezeichnet werden.

Die Ergebnisse unserer mit Schilfrohr (*Arundo phragmites*) und Meerbinse (*Scirpus maritimus*) ausgeführten Untersuchungen und Ausnutzungsversuche lassen sich also kurz dahin zusammen fassen, dass sowohl das Schilfrohr wie die Meerbinse in gut getrocknetem und reinem Zustande sich sehr wohl als Rauhfuttermittel verwenden lassen, dass sie, wenigstens in unserem Falle und auch nach den allgemeinen Angaben der landwirtschaftlichen Praxis, vom Pferd wie vom Wiederkäuer ohne weiteres gefressen werden. In Bezug auf ihren Futterwert sind sie dem Stroh unserer Halmfrüchte als ungefähr gleichwertig zu erachten und zwar wird es jedenfalls vom Zeitpunkt des Schnittes abhängen, ob sie sich bezüglich ihres Futterwertes mehr dem Winter- oder dem Sommerhalmstroh nähern.

Anhang.

Periode II. 300 g Wiesenheu + 850 g Laubreith.

Datum:	Stall- temperatur ° C.	Lebend- gewicht kg	Kot aus dem Sammelbeutel		Gesamtmenge der Trocken- substanz g	Tränkwasser g
			frisch g	Trocken- substanz %		

Hammel XI.

14. Februar 1916	5.9	41.5	533.5	51.19	273.1	1200
15. " "	5.3		612.7	50.29	308.1	1200
16. " "	5.7		550.3	50.06	275.5	650
17. " "	4.8		557.0	51.67	287.8	700
18. " "	5.1		555.0	52.79	293.0	1070
19. " "	4.9		563.8	53.29	300.5	460
20. " "	5.0		562.3	54.03	303.8	650
21. " "	5.3		486.6	55.54	270.3	650
22. " "	4.7		541.5	54.88	297.2	850
23. " "	4.7	42.0	562.6	54.58	307.1	610
Im Mittel:	5.1	+ 0.5	552.5	52.78	291.6	804

Hammel XII.

14. Februar 1916	5.9	41.0	606.6	48.20	292.4	1585
15. " "	5.3		497.0	50.66	251.8	1285
16. " "	5.7		580.3	49.41	286.7	940
17. " "	4.8		691.5	45.22	312.7	840
18. " "	5.1		566.7	50.68	287.2	1290
19. " "	4.9		592.7	50.29	298.1	785
20. " "	5.0		555.0	51.06	283.4	780
21. " "	5.3		588.0	49.96	293.8	1190
22. " "	4.7		534.2	48.46	258.9	1150
23. " "	4.7	42.0	673.0	44.71	300.9	950
Im Mittel:	5.1	+ 1.0	588.5	48.70	286.6	961

Periode II. 300 g Wiesenheu + 350 g Kattig.

Datum:	Stall- temperatur ° C.	Lebend- gewicht kg	Kot aus dem Sammelbeutel		Gesamtmenge der Trocken- substanz g	Tränkwasser g
			frisch g	Trocken- substanz %		

Hammel XI.

1. März 1916	5.3	41.5	473.0	46.96	222.1	1150
2. " "	5.1		463.4	48.64	225.4	1000
3. " "	5.8		400.6	50.50	202.3	350
4. " "	5.6		457.9	49.97	228.8	1030
5. " "	5.2		469.5	48.22	226.4	1040
6. " "	5.1		483.3	47.63	230.2	900
7. " "	4.8		418.0	49.64	207.5	820
8. " "	5.5		440.0	49.73	218.8	850
9. " "	5.8		413.5	51.44	212.7	500
10. " "	5.7	42.0	473.8	48.29	228.8	1400
Im Mittel:	5.4	+ 0.5	449.3	49.10	220.3	904

Hammel XII.

1. März 1916	5.3	41.5	435.8	46.90	204.4	1510
2. " "	5.1		518.3	48.52	251.5	1480
3. " "	5.8		473.3	49.36	233.6	1180
4. " "	5.6		497.8	47.69	237.4	1360
5. " "	5.2		445.3	47.50	211.5	950
6. " "	5.1		453.8	50.55	229.4	2150
7. " "	4.8		424.2	50.97	216.2	980
8. " "	5.5		448.7	50.28	225.6	1410
9. " "	5.8		415.0	50.29	208.7	1340
10. " "	5.7	41.5	533.0	48.33	257.6	1590
Im Mittel:	5.4	± 0.0	464.5	49.04	227.6	1395

Mitteilung aus der Chemischen Abteilung der Schweizerischen Versuchsanstalt für Obst-, Wein- und Gartenbau in Wädenswil.

Vorstand: Dr. W. J. BARAGIOLA.

Die Bestimmung des Ammoniums im Boden und in der Gülle (Jauche).

Von

Dr. W. J. BARAGIOLA und Dr. O. SCHUPPLI.

(Mit einer Textabbildung.)

In früheren Veröffentlichungen unseres Laboratoriums¹⁾ ist gezeigt worden, dass sich das von AL. BAYER²⁾ vorgeschlagene Verfahren der Ammoniumbestimmung in Abwässern durch Fällung als Ammoniummagnesiumphosphat mit gewissen Abänderungen auch auf den Wein anwenden lässt. Nach dieser Arbeitsweise gelingt es, in dem bei der Vakuumdestillation mit Magnesiumoxyd erhaltenen Destillate das Ammonium von etwa vorhandenen Aminen und anderen flüchtigen organischen Basen zu trennen. Wir haben damals insbesondere auch Versuche darüber angestellt, ob es durch Vakuumdestillation mit Magnesiumoxyd bei etwa 35° gelingt, alles Ammonium überzutreiben, und fanden, dass dies der Fall ist. Ferner wurde eingehend geprüft, ob hierbei nur vorgebildetes Ammonium oder auch solches, das erst während der Destillation durch Zersetzungen entstanden sein könnte, übergeht, und es wurde gefunden, dass letzteres beim Weine nicht zu befürchten ist. Die guten Erfahrungen, die wir mit

¹⁾ W. J. BARAGIOLA und CH. GODET, Zeitschrift für Untersuchung der Nahrungs- und Genussmittel 1915, 30, 169—216; W. J. BARAGIOLA und O. SCHUPPLI, Ebenda 1916, 32, 441—444.

²⁾ Chem.-Zeitung 1903, 27, 809—810.

dieser Arbeitsweise bei unvergorenen und vergorenen Trauben- und Obstsaften gemacht hatten, legten es nahe, das gleiche Verfahren der Ammoniumbestimmung auch auf spezielle agrikulturchemische Untersuchungen auszudehnen, insbesondere auf Boden und Gülle (Jauche).

Im Boden.

In der Literatur über chemische Bodenanalyse begegnet man häufig der Klage, dass kein sicheres und einfaches Verfahren besteht, nach welchem es gelingt, im Boden das gesamte Ammonium, also sowohl das freie und das etwa durch Adsorption locker gebundene, als auch das in Form von chemischen Verbindungen vorhandene zu bestimmen. Noch kürzlich haben einerseits B. TARASSOFF,¹⁾ anderseits R. S. POTTER und R. S. SNYDER²⁾ diesen misslichen Zustand wieder eingehend dargelegt. Die letztgenannten Forscher haben vorgeschlagen, die Bestimmung des Ammoniums auch im Boden so vorzunehmen, wie O. FOLIN³⁾ es beim Harn getan hat, nämlich mittels Durchleitens eines kräftigen Luftstromes bei gewöhnlicher Temperatur. Das FOLINSche Verfahren erfordert aber eine etwas umständliche Einrichtung; insbesondere benötigt man einen starken Luftdruck bzw. Wasserdruck zum Betrieb geeigneter Wasserstrahlpumpen. Daher ist diese Art der Bestimmung in gewöhnlichen Laboratorien schwer durchführbar und deshalb haben z. B. J. TILLMANNs, A. SPLITTGERBER und H. RIFFART⁴⁾ und auch wir⁵⁾ davon abgesehen, das Verfahren auf Milch bzw. auf Wein anzuwenden. Auch nach dem während der Ausarbeitung unseres Verfahrens erfolgten Erscheinen der Untersuchung von POTTER und SNYDER halten wir unsere Arbeitsweise noch für praktischer.

Die Ausführung der Bestimmung geschieht wie folgt. In einen Kolben nach CLAISEN (Fraktionierkolben mit zwei Hälsen) von etwa $\frac{3}{4}$ l Inhalt bringt man 50—100 g Boden und 5—7 g Magnesiumoxyd, die man am besten kurz zuvor miteinander

¹⁾ Russ. Journal für experim. Landwirtschaft 1914, 15, 136; nach Jahresbericht Agrik.-Chem. 1914 (3), 17, 515.

²⁾ Journal of industrial and engineering chem. 1915, 7, 221—226.

³⁾ Zeitschrift für physiol. Chem. 1902, 37, 161—176.

⁴⁾ Zeitschrift für Untersuchung der Nahrungs- und Genussmittel 1914, 27, 59—76.

⁵⁾ Ebenda 1915, 30, 178.

gut vermischt. Zur Mischung im Kolben gibt man etwa 100 ccm Wasser und verbindet dann den Kolben mit der Vorlage. Als solche dient eine Saugflasche gleichen Inhaltes, wie der Kolben, die mit 10—20 ccm $\frac{1}{5}$ -n. Schwefelsäure beschickt ist und in Eiswasser gestellt wird. Die Verbindung zwischen Claisenkolben und Saugflasche erfolgt durch ein Kugelrohr, das bis in die vorgelegte Schwefelsäure eintaucht. Die Saugflasche ist durch eine zweite ebensolche, welche als Sicherheitsflasche dient und das Manometer trägt, mit der Wasserstrahlluftpumpe verbunden. Durch den einen Hals des Claisenkolbens geht bis nahe zum

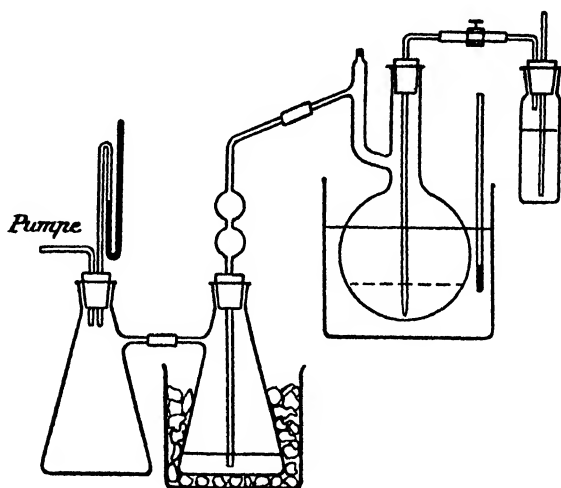


Fig. 1.

Kolbenboden ein unten kapillar ausgezogenes Glasrohr, das oben an eine mit Schwefelsäure gefüllte Gaswaschflasche angeschlossen ist. Man setzt mit der Pumpe den Druck möglichst stark herab, also auf etwa 15 mm Quecksilber und erwärmt den Destillierkolben im Wasserbad auf etwa 35° Badtemperatur. Die Destillation wird fortgesetzt, bis der Rückstand trocken ist, was gegen zwei Stunden dauert. Nach beendeter Destillation lässt man durch die Gaswaschflasche langsam ammoniakfreie Luft nachströmen. Der Inhalt der Vorlage wird in einen Erlenmeyerkolben gespült, zur Vertreibung der Kohlensäure bis zum Sieden erhitzt und nach dem Erkalten mit $\frac{1}{10}$ -n. Natronlauge und Kongorot als Endanzeiger titriert. Dabei wird die Lauge nicht einfach bis

zum Farbumschlag von blau in rot zugegeben, sondern zunächst wird jedesmal eine gleichgrosse Menge derselben $\frac{1}{5}$ -n. Schwefelsäure, wie wir sie bei den Destillationen vorlegen, mit der äquivalenten Menge der gleichen $\frac{1}{10}$ -n. Natronlauge, die wir zum Titrieren verwenden, versetzt. Auf diese gleiche, als Typ dienende Umschlagsfärbung titriert man das Destillat.

Gerade in dem Umstande, dass zur Bestimmung des Ammoniums der Boden selbst und nicht ein wässriger oder saurer Auszug desselben verwendet wird, erblicken wir einen wesentlichen Vorteil des Verfahrens.

Gelegentlich unserer Untersuchungen am Weine haben wir gezeigt, dass bei der Destillation mit Magnesiumoxyd im Vakuum nicht nur Ammoniak übergeht, sondern auch leicht flüchtige Amine und andere Basen. Um das Ammonium von diesen zu trennen, verfährt man folgendermassen. Man destilliert eine neue Probe in der beschriebenen Weise mit Magnesiumoxyd im Vakuum, titriert das Destillat aber nicht, weil das Kongorot die weitere Bestimmung stören würde. Oder aber man verwendet, besonders bei Anwesenheit von mehr Ammonium, einen aliquoten Teil des ersten, noch nicht mit Kongorot versetzten Destillates. Man spült die Flüssigkeit in ein Becherglas, versetzt sie mit 1 ccm starker Salzsäure und löst darin sodann 10 g Natriumazetat und 12 g Natriumphosphat auf. Mit Vorteil wird das etwas schwerer lösliche Phosphat zunächst für sich in wenig Wasser unter Erwärmen zum Lösen gebracht, abgekühlt und die Lösung zum Destillate gegeben. Sodann fügt man noch 15 ccm einer 10-prozentigen Magnesiumchloridlösung und etwas Phenolphthalein zu, gibt eine starke Messerspitze Quarzsand bei und rührt das Ganze mittels eines an eine Wasserturbine angeschlossenen Rührwerkes sehr kräftig um. Unter Fortsetzen des Rührens fügt man dann aus einem Tropftrichter langsam Natronlauge hinzu, bis eine bleibende schwache Rosafärbung eingetreten ist. Der gebildete gelatinös-amorphe Niederschlag geht nach etwa einer Viertelstunde in einen kristallinen über, während die Rosafärbung verschwindet. Es ist notwendig, diesen Zeitpunkt genau abzapassen, da hiervon die Filtrierfähigkeit des Niederschlages abhängt. Man setzt hierauf weiter tropfenweise Lauge hinzu, bis die Rosafärbung bestehen bleibt, und rührt zum Schlusse noch eine Viertelstunde lang. Möglichst soll vermieden werden, zuviel Natronlauge zuzusetzen. Ist dies

ausnahmsweise dennoch geschehen und hat man daher zu befürchten, dass das Ammoniummagnesiumphosphat eine Zersetzung erleiden könnte unter Bildung von Trimagnesiumphosphat und freiem Ammoniak, so kann man mit Salzsäure abstumpfen, um dann wieder mit Natronlauge den richtigen Endpunkt zu erreichen. Das Rühren dauert im ganzen etwa eine halbe Stunde. Man lässt kurze Zeit absetzen und dann wird durch einen NEUBAUERschen Platintiegel oder durch einen GOOCHschen Porzellantiegel filtriert. Dabei belässt man den schweren Quarzsand möglichst im Becherglase und gibt nur den eigentlichen Niederschlag auf das Filter. Man wäscht sowohl den Quarzsand, als den Niederschlag im Filter mit im ganzen ungefähr 25 ccm einer 3-prozentigen Natriumazetatlösung aus, löst die vom Quarzsand zurückgehaltenen Teile des Niederschlages und diesen selbst aus dem Filtertiegel mit verdünnter Salzsäure in einen Kolben aus Jenaer Glas, destilliert nunmehr das reine Ammonium mit starker Natronlauge in vorgelegte Schwefelsäure ab und titriert im Destillate mit Natronlauge und Kongorot zurück. Das Verfahren scheint der Beschreibung nach recht umständlich zu sein, ist aber in Wirklichkeit sehr einfach.

Es seien noch folgende ergänzende Angaben zu dieser Arbeitsweise gemacht. Wie eingangs erwähnt, beruht das Verfahren darauf, dass aus dem bei der Vakuumdestillation mit Magnesiumoxyd erhaltenen Gemenge von schwefelsauren Salzen des Ammoniums und der Amine oder anderer organischer Basen, das erstere als Ammoniummagnesiumphosphat ausgefällt wird, während Amine und andere Basen in Lösung bleiben. Um das Ammonium auszufällen, setzt man Magnesiumchlorid und Natriumphosphat zu und macht mit Natronlauge das Ammonium aus den Sulfaten frei. Die Beigabe von etwas starker Salzsäure soll bewirken, dass die Flüssigkeit nicht etwa schon nach dem Zusatz der grossen Menge Natriumphosphat alkalisch reagiert, weil dann etwas Ammoniak verloren gehen könnte. Durch Zugabe von ziemlich viel Natriumazetat drängt man die Löslichkeit des Ammoniummagnesiumphosphates stark zurück. Die Umwandlung des amorphen Niederschlages in die kristallinische Form wird durch die Beigabe von etwas Quarzsand und die daher beim Rühren entstehende stärkere Reibung begünstigt.

Wir untersuchten verschiedene Böden unserer Umgebung zunächst nach dem einfachen Verfahren der Vakuumdestillation

mit Magnesiumoxyd und fanden im allgemeinen keinen oder nur äusserst wenig flüchtigen basischen Stickstoff. Einen Gehalt an solchem und zwar von 0.029 g im Kilogramm zeigte z. B. stark gedüngte Gartenerde; 0.003 g basischer Stickstoff wurden in trockener Torferde gefunden. Andere Bodenarten, selbst humusreicher Waldboden, gelagerte Komposterde und dergleichen erwiesen sich als völlig frei von flüchtigem basischem Stickstoff. In denjenigen Böden, in welchen bei der Destillation mit Magnesiumoxyd flüchtiger basischer Stickstoff gefunden wurde, ergab das Fällungsverfahren, dass es sich hierbei ausschliesslich um Ammonium, nicht aber um Amine und andere Basen handelte, denn es wurde durch Fällung als Ammoniummagnesiumphosphat innerhalb engster Fehlergrenzen ebensoviel Ammonium gefunden, als die einfache Titration des mit Magnesiumoxyd im Vakuum erhaltenen Destillates jeweilen angezeigt hatte.

Nachdem wir dieses Hauptergebnis unserer Untersuchung vorweg genommen haben, müssen wir die Belege dafür bringen, dass

1. auch im Boden, wie im Weine, bei der Vakuumdestillation mit Magnesiumoxyd nur vorgebildetes Ammonium übergeht, nicht aber durch Zersetzung solches erst erzeugt wird, und dass
2. das im Boden vorhandene Ammonium vollständig überdestilliert.

Soweit der Beweis dafür, dass bei der Vakuumdestillation mit Magnesiumoxyd nur vorgebildetes Ammonium übergeht, nicht schon als durch unsere Versuche am Wein geleistet betrachtet werden kann, erblicken wir ihn darin, dass die meisten so untersuchten Böden überhaupt kein Ammonium ergaben. Wenn diese Böden selbst auch kein vorgebildetes Ammonium enthielten, so hätten sie doch, falls Magnesiumoxyd unter diesen Bedingungen Ammoniak aus anderen Verbindungen abspalten würde, einen Gehalt an solchem oder an flüchtigem basischem Stickstoff überhaupt im Destillat ergeben müssen. So aber entwich aus den verschiedenartigsten Böden bei dieser Behandlung gar kein flüchtiger basischer Stickstoff. Demnach enthält der Boden in den meisten Fällen überhaupt keine Stoffe, welche schon bei 35° im Vakuum mit Magnesiumoxyd flüchtigen basischen Stickstoff abspalten. In einigen Fällen, so bei stark gedüngter Gartenerde und in Torfboden, wurde aber doch etwas flüchtiger basischer Stickstoff und speziell auch Ammonium gefunden. Ist dieses im

Boden vorgebildet gewesen oder ist es erst bei der Destillation entstanden? Wir glauben, dass ersteres der Fall ist, ohne es allerdings völlig streng beweisen zu können. Unsere Annahme, dass dieses Ammonium im Boden vorgebildet ist, stützt sich hauptsächlich darauf, dass, wenn man einem solchen Boden Zeit lässt, das Ammonium nachweisbar vollständig in Nitrate überzuführen, der gleiche Boden bei der Vakuumdestillation mit Magnesiumoxyd kein Ammonium mehr ergibt. Weiter unten berichten wir über solche Versuche. Nur für den recht unwahrscheinlichen Fall, dass das in solchen Böden nachweisbar neu gebildete Nitrat nicht aus Ammonium, sondern aus anderen stickstoffhaltigen Verbindungen entstanden sein sollte, wäre die Möglichkeit offen, dass das von uns gefundene Ammonium doch aus solchen Stoffen entstanden sein könnte und dann also nicht schon im Boden vorgebildet sein würde.

Ganz anders liegen die Verhältnisse, wenn man die Destillation mit Magnesiumoxyd nicht im Vakuum, sondern bei gewöhnlichem Druck und daher bei höherer Temperatur vornimmt, oder wenn man gar zum Freimachen und Übertreiben des Ammoniaks Natronlauge verwendet. Dann findet tatsächlich eine kräftige Abspaltung von flüchtigem basischem Stickstoff bezw. von Ammoniak statt. Daher sind solche Verfahren zur Bestimmung des Ammoniums im Boden ebenso unbrauchbar, wie dies nach unseren früheren Versuchen auch für den Wein der Fall ist.

Mit völliger Sicherheit kann der weiterhin erforderliche Beweis erbracht werden, dass durch die Vakuumdestillation mit Magnesiumoxyd bei 35° alles etwa im Boden vorhandene Ammonium übergetrieben wird. Dies ergibt sich aus folgenden zwei Versuchen, die wir aus einer grösseren Anzahl herausgreifen.

Versuch 1. Eine bestimmte Menge wässriger Lösung von Ammoniumchlorid ergab sowohl bei der Destillation mit Natronlauge unter gewöhnlichem Druck, als bei der Vakuumdestillation mit Magnesiumoxyd folgende Werte:

0.272 0.272 0.272 0.273 g Ammoniumstickstoff.

Wurde die gleiche Menge derselben wässrigen Lösung von Ammoniumchlorid zu einem Boden gebracht, der sich vorher bei der Vakuumdestillation mit Magnesiumoxyd als ammoniumfrei erwiesen hatte, so ergab die Bestimmung:

0.269 und 0.272 g Ammoniumstickstoff.

Versuch 2. Eine bestimmte Menge wässriger Lösung von Ammoniumchlorid ergab bei der Destillation mit Natronlauge: 0.010 und 0.010 g Ammoniumstickstoff.

Wurde die gleiche Menge oder das 2-, 3- oder 5-fache davon zu einer Komposterde gegeben, die sich zuvor bei der Vakuumdestillation mit Magnesiumoxyd als ammoniumfrei erwiesen hatte, so ergaben die Bestimmungen:

bei Anwendung der

gleichen Menge Lösung . .	0.010 und 0.011 g Ammoniumstickstoff,
doppelten Menge Lösung . .	0.020 g Ammoniumstickstoff,
dreifachen " " . .	0.030 "
fünffachen " " . .	0.049 und 0.050 g Ammoniumstickstoff.

Aus beiden angeführten Versuchen ergibt sich, dass das einem Boden zugesetzte Ammonium vollständig wiedergefunden wird, sowohl wenn es in grossen, als wenn es in geringen Mengen vorhanden ist.

Weiterhin zeigen wir einige Anwendungen der Bestimmung des Ammoniums im Boden durch Vakuumdestillation mit Magnesiumoxyd bei 35°. Die Stickstoffumsetzungen im Erdboden sind schon wiederholt Gegenstand quantitativer Bestimmungen gewesen. Wir erinnern an die Versuche von A. E. TRAAEN,¹⁾ der die folgeweise Überführung des im Boden vorhandenen Ammoniums in Nitrate durch Bestimmung der Zunahme des Gehaltes an letzteren verfolgte. Die gleiche Erscheinung kann natürlich durch wiederholte Bestimmung des Ammoniums im Boden nach dem von uns angegebenen Verfahren nachgeprüft werden.

Versuch 3. Wir brachten rund 180 kg Gartenerde in eine ziemlich flache Kiste und versetzten die Erde mit festem Ammoniumsulfat unter gründlichstem Mischen. Die Kiste wurde ins Freie gestellt; sie war lediglich durch ein etwas höher als die Kiste flach angebrachtes Glasfenster vor Regen geschützt. Luft, Wind, Licht hatten freien Zutritt. Durch gelegentliches leichtes Begiessen mit Wasser hielten wir die Erde immer ungefähr gleich feucht. Von Zeit zu Zeit wurden Mischproben aus verschiedenen Stellen der Kiste entnommen und darin unmittelbar, also ohne Trocknen, die Bestimmung des Ammoniums durch

¹⁾ Zentralbl. f. Bakt., 2. Abtlg. 1916, 45, 119—135.

Vakuumdestillation mit Magnesiumoxyd ausgeführt. Dabei fanden wir:

		Ammoniumstickstoff im Kilogramm Boden			
am	4. Mai	0.296	und 0.298	und im Mittel	0.297 g
"	5. " vormittags . .	0.244	" 0.248	" " "	0.246 "
"	5. " nachmittags .	0.227	" 0.231	" " "	0.229 "
"	6. "	0.213	" 0.216	" " "	0.215 "
"	8. "	0.162	" 0.170	" " "	0.166 "
"	9. "	0.143	" 0.145	" " "	0.144 "
"	10. "	0.134	" 0.134	" " "	0.134 "
"	12. "	0.106	" 0.107	" " "	0.107 "
"	15. "	0.043	" 0.043	" " "	0.043 "
"	17. "	0.008	" 0.008	" " "	0.008 "
"	18. "	0.003	" 0.003	" " "	0.003 "
"	1. August	0.001	" 0.001	" " "	0.001 "

Innerhalb zweier Wochen ist hier also das von einer kräftigen Düngung mit schwefelsaurem Ammoniak stammende Ammonium nahezu vollständig verschwunden.

Man durfte die Frage aufwerfen, ob wohl das Ammonium in dieser kurzen Zeit ganz in Nitrate umgewandelt worden ist, oder ob nicht ein wesentlicher Teil davon als solches aus dem Boden entwichen sein konnte. Um das festzustellen, mussten wir neben der Abnahme des Ammoniumgehaltes die Zunahme des Nitratgehaltes verfolgen. Wir verzichteten zwar auf eine völlig genaue Bestimmung des Nitratstickstoffes, etwa nach dem Verfahren von P. LIECHT¹⁾ und E. RITTER,¹⁾ sondern begnügten uns mit einer etwas einfacheren Arbeitsweise. Vom Boden wurden 500 g je nach dem zu erwartenden Nitratgehalt drei- bis sechsmal mit viel kaltem Wasser ausgezogen, die Auszüge schwach mit Essigsäure angesäuert, eingengt und auf 200 ccm aufgefüllt. Aus einem aliquoten Teil dieser Lösung wurde das vorgebildete Ammonium mit Natronlauge abgetrieben, dabei gleichzeitig die etwa in Lösung gegangenen leicht zersetzlichen stickstoffhaltigen Verbindungen gespalten und das hierbei entstehende Ammonium ebenfalls mit überdestilliert. Der Rückstand wurde abgekühlt, in der Kälte mit Alkohol und DEVARDascher Legierung versetzt und die sofort beginnende Reduktion der Nitrate zu Ammonium in der Wärme beendet, wobei das Ammoniak in vorgelegter Schwefelsäure von bekanntem Gehalt aufgefangen und dort

¹⁾ Zeitschr. f. anal. Chem. 1903, 42, 205–232; 1904, 43, 168–172.

titriert wurde. Vorversuche ergaben, dass wir nach diesem Verfahren in wässrigen Lösungen von bekannten Mengen Ammoniumchlorid und Kaliumnitrat das Nitrat gut zu bestimmen vermochten.

Versuch 4. Nunmehr stellten wir wieder einen ähnlichen Versuch an, wie er unter 3 geschildert worden ist, bestimmten indessen diesmal einerseits den flüchtigen basischen Stickstoff durch Vakuumdestillation mit Magnesiumoxyd, anderseits den Gehalt an eigentlichem Ammoniumstickstoff durch Fällung als Ammoniummagnesiumphosphat. Ferner wurde jeweilen in der gleichen Probe der Nitratgehalt in der soeben beschriebenen Weise ermittelt. Wir fanden:

Datum	Boden	Flüchtiger basischer Stickstoff g im kg	Ammonium- Stickstoff g im kg	Nitrat- Stickstoff g im kg
Am 22. Juni	{ Im Boden vor der { Düngung }	0.004 0.005	— —	0.009 0.011
" 22. "	{ Im Boden gleich nach Zu- { satz von Ammoniumsulfat }	0.220 0.225	0.214 0.221	0.011 0.013
" 24. "	Im gleichen Boden	0.140 0.143	0.137 0.139	0.060 0.061
" 26. "	"	0.087 0.088	0.086 0.087	0.141 0.142 0.147
" 27. "	"	0.067 0.068	0.064 0.065	0.167 0.173
" 28. "	"	0.028 0.029	0.030 0.030	0.220 0.233
" 30. "	"	0.027	0.027	0.235 0.238
" 4. Juli	"	0.011 0.011	0.008 0.010	0.246 0.253 (? zu hoch)
" 31. "	"	0.002 0.002	— —	0.238 0.246

Wir beobachten zunächst, dass auch hier wiederum durch Vakuumdestillation mit Magnesiumoxyd nur eigentlicher Ammoniumstickstoff, unter Ausschluss von Aminen und anderen Basen aus

dem Boden entwickelt wurde, denn die Ergebnisse des Fällungsverfahrens stimmen mit denjenigen der einfachen Titration gut überein. Sodann bemerken wir, gleichwie bei Versuch 3, einen raschen Rückgang im Gehalt an Ammonium. Das Ammonium kann aber nicht entweichen sein, denn um den Betrag des verschwundenen Ammoniums vermehrt sich jeweilen der Gehalt an Nitratstickstoff, d. h. es findet während der kurzen Dauer des Versuches eine vollständige Überführung des Ammoniums in Nitrate statt.

Unter solchen Umständen ist es nicht erstaunlich, dass die von uns untersuchten Böden im allgemeinen ammoniumfrei befunden wurden.

In der Gülle (Jauche).

Die mangelhafte Kenntnis von der Zusammensetzung der Gülle ist schon wiederholt beklagt worden. Wir verweisen auf die Äusserungen von P. LIECHTI und E. TRUNINGER,¹⁾ die als erste sich bestrebt haben, diesem Mangel insbesondere für schweizerische Verhältnisse abzuhelpen. Abgesehen davon, dass bis anhin überhaupt wenig analytisches Zahlenmaterial betreffend Gülle vorliegt, sind speziell die Angaben über den Gehalt an Ammoniumstickstoff vielfach unzuverlässig und nicht vergleichbar, da die Bestimmungen oft nach ungenügend durchgearbeiteten Verfahren ausgeführt wurden. So ist es nach unseren Versuchen nicht immer zulässig, die Gülle etwa mit Natronlauge zu destillieren, denn falls die Gärung der Gülle noch nicht so weit fortgeschritten ist, dass aller oder fast aller Stickstoff als Ammonium vorliegt, können beim Kochen mit Natronlauge tiefergehende Zersetzungen unter neuer Ammoniumbildung stattfinden. Andererseits ergibt die Destillation mit Magnesiumoxyd bei gewöhnlichem Druck hier sehr leicht zu wenig Ammonium, falls man nicht besonders lange destilliert oder das Ammoniak kräftig mit Wasserdampf abtreibt. Dagegen dürfte die Vakuumdestillation mit Magnesiumoxyd bei 35° in der oben beschriebenen Weise in kürzester Zeit zuverlässige Ergebnisse liefern. Wir verwenden dazu meist 50 ccm Gülle und etwa 10 g Magnesiumoxyd, füllen das Destillat auf ein bestimmtes Volum auf und benutzen aliquote Teile je zur direkten Titration des flüchtigen basischen Stickstoffs und

¹⁾ Landw. Jahrbuch d. Schweiz 1913, 27, 459—474.

zur Fällung des Ammoniums als Ammoniummagnesiumphosphat. Vergleichende Versuche zeigten, dass hierbei nur oder fast nur Ammonium, nicht aber, oder nur in ganz geringen Mengen auch Amine und andere flüchtige Basen übergehen, denn gleichwie beim Boden liefert das Fällungsverfahren innerhalb enger Fehlergrenzen dieselben Ergebnisse, wie die einfache Titration des Destillates.

Versuch 5. Wir führen hierzu folgende Analysenwerte an, die wir an verschiedenen Güllen von Bauernhöfen aus unserer Umgebung ermittelten.

(Siehe die Tabelle auf S. 135.)

Auch hier zeigen wir einige Anwendungen der Bestimmung des Ammoniums zunächst durch einfache Vakuumdestillation mit Magnesiumoxyd.

Versuch 6. Wir füllten eine grössere Flasche mit frischem Kuhharn und impften ihn mit harnstoffzersetzenden Bakterien durch Einhängen eines kleinen Leinwandsäckchens, das mit früher wiederholt begüllter Gartenerde gefüllt war. Die Flasche blieb bei Zimmertemperatur stehen. Die Bildung des Ammoniums wurde durch regelmässige Bestimmung desselben verfolgt. Wir fanden dabei:

		Flüchtiger basischer Stickstoff im Liter			
Am		0.013	und 0.013	und im Mittel	0.013 g
10. Mai	im frischen Kuhharn	0.013			
" 11.	"	0.017	" 0.018	" " "	0.018 "
" 12.	"	0.040	" 0.040	" " "	0.040 "
" 13.	"	0.067	" 0.069	" " "	0.068 "
" 14.	"	0.109	" 0.110	" " "	0.110 "
" 15.	"	0.170	" 0.172	" " "	0.171 "
" 16.	"	0.355	" 0.355	" " "	0.355 "
" 17.	"	1.120	" 1.134	" " "	1.127 "
" 18.	" 8 Uhr morgens	2.45	" 2.47	" " "	2.46 "
" 18.	" 2 " mittags	2.52	" 2.58	" " "	2.55 "
" 19.	" 8 " morgens	2.70	" 2.73	" " "	2.71 "
" 19.	" 2 " mittags	2.77	" 2.77	" " "	2.77 "
" 20.	"	2.90	" 2.91	" " "	2.91 "
" 22.	"	3.21	" 3.22	" " "	3.22 "
" 23.	"	3.36	" 3.39	" " "	3.38 "
" 24.	"	3.44	" 3.44	" " "	3.44 "
" 20. Juni	. . . . .	3.58	" 3.58	" " "	3.58 "

Gramm N im Liter	Mit Magnesium im Vakuum	Im gleichen Destillat durch Fällung	Mit Magnesiumoxyd ohne Vakuum	Mit Natronlauge ohne Vakuum	Gesamter Stickstoff nach KJELDHAHL
Gülle Nr. 1	0.375	0.375	0.280	0.372	0.497
" 2	1.68	1.66	1.60	1.71	1.92
" 3	0.661	0.650	0.595	0.680	0.826
" 4	0.628	0.611	0.540	0.638	0.875
" 5	1.030	1.035	—	—	—
" 6	1.033	1.031	—	—	—
" 7	1.052	1.048	—	—	—
" 8	1.055	1.052	—	—	—
" 9	0.605	0.605	—	—	—
" 10	0.610	0.605	—	—	—
" 11	0.566	0.560	—	—	—
" 12	0.566	0.571	—	—	—
" 13	0.739	—	0.739 ¹⁾	—	—
" 14	0.742	—	—	—	—
Unverdünnter vergorener Kuhharn	3.46	3.32	3.19	3.47	3.65
" 15	3.47	3.34	—	—	—
" 16	3.44	—	3.43 ¹⁾	—	—

¹⁾ Unter starkem Abtreiben mit Wasserdampf.

Versuch 7. Einen ähnlichen Versuch führten wir später nochmals aus und ermittelten dabei einerseits den flüchtigen basischen Stickstoff durch Destillation mit Magnesiumoxyd im Vakuum, anderseits im Destillate das eigentliche Ammonium durch Fällung als Ammoniummagnesiumphosphat.

(Siehe die Tabelle auf S. 137.)

Aus diesen Versuchen ergibt sich, wie schon weiter oben angeführt worden ist, dass die Gülle an flüchtigem basischem Stickstoff nur oder fast nur Ammoniumstickstoff enthält.

Zusammenfassend, können wir zur Bestimmung des Ammoniums im Boden und in der Gülle (Jauche) das Verfahren der Destillation mit Magnesiumoxyd im Vakuum empfehlen. Will man sich vergewissern, dass der Boden und die Gülle nur Ammonium, nicht aber auch organischen flüchtigen basischen Stickstoff enthalten, so kann man im Destillate noch die Fällung als Ammoniummagnesiumphosphat vornehmen.

Dabei fanden wir am	Flüchtiger basischer Stickstoff		Ammoniumstickstoff		Differenz, also Fehler oder flüchtiger, basischer, organischer Stickstoff g N im Liter
	g N im Liter	Mittel	g N im Liter	Mittel	
8. August im frischen Kuhharn . . .	0.011 0.011	—	— —	—	—
9. August	0.034 0.034	0.034	— —	0.026	0.008
10. August 9 Uhr morgens	0.244 0.249	0.247	0.204 0.216	0.210	0.037
10. August 4 Uhr mittags	0.456 0.456	0.456	0.398 0.400	0.399	0.057
11. August 8 Uhr morgens	1.25 1.28	1.27	1.18 1.19	1.19	0.08
11. August 4 Uhr mittags	1.91 1.89	1.90	1.82 1.83	1.83	0.07
12. August 8 Uhr morgens	2.98 2.98	2.98	2.89 2.89	2.89	0.09
14. August 8 Uhr morgens	3.29 3.29	3.29	3.19 3.22	3.20	0.09
15. August 8 Uhr morgens	3.38 3.38	3.38	3.27 3.29	3.28	0.10
16. August 2 Uhr mittags	3.45 3.47	3.46	3.38 3.38	3.38	0.08
18. August 2 Uhr mittags	3.76 3.72	3.74	3.61 3.63	3.62	0.12

Der Einfluss von der Pflanze aufgenommener Manganmengen auf ihre Zusammensetzung.

Von

PAUL EHRENBERG und OTTO NOLTE-Göttingen.

Man hat gelegentlich früher die Anschauung vertreten, dass von der Pflanze aufgenommenes Mangan auf die Zusammensetzung derselben einen geringeren oder grösseren Einfluss auszuüben vermöge. Sogar weitgehend sollte das Eisen durch Mangan verdrängt, ja wohl auch teilweise ersetzt werden können.

Es ist nicht unsere Absicht, die theoretischen Grundlagen eingehend darzulegen, welche einen solchen Einfluss jedenfalls als nicht besonders wahrscheinlich erscheinen lassen, und daher, wie auch aus Zeitmangel, sei hier auf Besprechung der sehr weitgehend in der Literatur verstreuten Arbeiten verzichtet, die sonst für diese Frage Bedeutung besitzen könnten. Nur gelegentlich uns zur Verfügung gelangtes Material sei nachstehend mitgeteilt, da es vielleicht selten vorkommen mag, dass man über Pflanzenteile mit einem Gehalt von rund 0.1 % Mn verfügt.

Bei Versuchen mit Mangandüngung erhielten wir Haferstroh, das von 0.003 bis 0.1 % Mn enthielt, je nachdem die Düngung und andere Umstände der Manganaufnahme günstig gewesen waren. Dagegen waren die Gehalte der Haferkörner nicht annähernd entsprechend hoch, sondern blieben in den Grenzen von 0.0035 bis etwa 0.02. Es sind deshalb auch nur die Strohernten von uns auf ihre Zusammensetzung geprüft worden, wobei in erster Linie der Eisengehalt Berücksichtigung fand, dann aber auch noch Kieselsäure, Kalk und Kali.

Die Zusammensetzung in der Trockenmasse ergibt sich aus der nachfolgend aufgeführten Zusammenstellung:

Nummer der Gefäße	Benutzter Erdboden	Grunddüngung	Besondere Düngung	Mn %
1	Schwerer Lehm Boden	Für ein Gefäß je 20 g Tropon mit 14.8 % N, also 2.96 g N, 15 g sekundäres Kalkphosphat, 3 g Magnesiumkarbonat, 10 " Calciumkarbonat, 5 " Calciumnitrat 0.69 g N, 2 " Magnesiumsulfat, 5 " Natriumnitrat 0.82 g N, 5 " Chlorkalium, 3 " tertiäres Kaliumphosphat.	Keine Das Gefäß steht auf einem Eckplatz.	0.0030
2	"		"	0.0030
3	"		"	0.0025
			Mittel:	0.0028
4	"		Keine Das Gefäß steht auf einem Mittelplatz.	0.0030
5	"		"	0.0030
6	"		"	0.0030
			Mittel:	0.0030
28	Buntsandsteinsand		Keine	0.0110
29	"		"	0.0165
30	"		"	0.0143
			Mittel:	0.0139
31	"		Je 20 g Ferromanganschlacke	0.0725
32	"		"	0.0650
33	"		"	0.0725
			Mittel:	0.0700
34	"		Je 40 g Ferromanganschlacke	0.1000
35	"		"	0.0917
36	"		"	0.0900
			Mittel:	0.0939

Beim Buntsandsteinsand zeigt sich mit steigendem Mangan-
gehalt auch eine zunehmende Vermehrung der Asche, was ja
nicht weiter besonders überraschen kann. Wir finden so

bei 0.0139 % Mangan . . . 11.0 ± 0.08 % Asche
" 0.0700 " " . . . 11.8 ± 0.29 " "

Unterschied: 0.8 ± 0.30 % Asche.

Die Vermehrung des Aschengehalts erreicht also nahezu
die dreifache wahrscheinliche Schwankung oder

Asche %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃ %	CaO %	Fe ₂ O ₃ %	K ₂ O %
10.5	1.31	0.26	1.50	0.057	3.36
10.6	1.45	0.27	1.65	0.056	3.37
10.9	1.31	0.26	1.50	0.050	3.34
10.7 ± 0.12	1.36 ± 0.032	0.26 ± 0.003	1.55 ± 0.034	0.054 ± 0.0015	3.36 ± 0.002
12.9	1.87	0.46	1.57	0.028	3.41
10.8	1.57	0.53	1.33	0.028	3.46
10.5	1.43	0.32	1.45	0.032	3.50
11.4 ± 0.51	1.62 ± 0.088	0.44 ± 0.042	1.45 ± 0.047	0.029 ± 0.0014	3.46 ± 0.018
10.8	0.76	0.41	1.19	0.038	4.09
11.2	1.08	0.51	1.16	0.058	4.09
11.0	0.94	0.54	1.26	0.038	3.98
11.0 ± 0.08	0.93 ± 0.063	0.49 ± 0.027	1.20 ± 0.020	0.045 ± 0.0045	4.05 ± 0.025
11.0	1.16	0.29	1.29	0.028	3.76
11.9	1.63	0.42	1.44	0.028	3.86
12.5	1.78	0.55	1.57	0.029	4.23
11.8 ± 0.29	1.52 ± 0.126	0.42 ± 0.051	1.43 ± 0.055	0.028 ± 0.0001	3.95 ± 0.096
12.3	1.33	0.24	1.50	0.056	4.10
12.2	1.67	0.26	1.59	0.056	4.27
12.0	1.57	0.27	1.61	0.047	3.86
12.2 ± 0.06	1.52 ± 0.068	0.26 ± 0.007	1.57 ± 0.023	0.053 ± 0.0020	4.08 ± 0.080

bei 0.0139 % Mangan . . 11.0 ± 0.08 % Asche

„ 0.0939 „ „ . . 12.2 ± 0.06 „ „

Unterschied: 1.2 ± 0.10 % Asche.

Die Vermehrung des Aschengehalts liegt weit über die vierfache wahrscheinliche Schwankung hinaus.

Eine starke Vermehrung des Mangangehalts zeitigt somit mit einiger Sicherheit eine Vermehrung des Aschengehalts. Man könnte bereits hieraus mit gewisser Berechtigung den Schluss

ziehen, dass das Mangan voraussichtlich in der Pflanze weniger sonst sich vorfindende Mineralbestandteile ersetzen, als vielmehr sich ihnen anschliessen, und derart den Aschengehalt erhöhen helfen wird. Doch ist auch zu beachten, dass es sich bei der Vermehrung der Asche hier auch lediglich um die Wirkung der als Düngung zur Manganzufuhr gegebenen 20 bzw. 40 g Ferromanganschlacke handeln kann, die ziemlich viel leicht lösliche Mineralstoffe zuführte.

Die zum Vergleich auch noch etwa heranzuziehenden Aschenwerte der Pflanzen auf schwerem Lehm Boden mit ihren sehr geringen Mangangehalten bieten nichts gegen die soeben angeführten Ansichten zu Verwendendes. Man könnte auch den Durchschnitt der Gefässe 1—6 und 28—30 einerseits, und 31—36 andererseits zusammenstellen, und würde dann, wie man sieht,

manganarmes Stroh . . .	11.0 ± 0.18 ‰ Asche
manganreiches Stroh . . .	12.0 ± 0.15 „ „
<hr/>	
Unterschied:	1.0 ± 0.23 ‰ Asche

eine Bestätigung der oben erwähnten Schlussfolgerungen erhalten.

Wenden wir uns zum Gehalt der Aschen an Kieselsäure, so dürfte es hier kaum möglich sein, die auf schwerem Boden erwachsenen Strohernten mit denen vom Buntsandsteinsand zu vergleichen. Was beim allgemeinen Aschengehalt vielleicht angängig sein mag, — ob es als über jeden Einwand erhaben zu bezeichnen ist, mag verschieden beurteilt werden, — wird beim Vergleich des groben Buntsandsteinsandes mit seinem gewiss geringeren Gehalt an leichtaufnehmbarer SiO_2 gegen den schweren, kolloidreichen Lehm Boden wohl unangebracht sein. Für das auf Buntsandsteinsand erwachsene Stroh scheint wieder ein Ansteigen mit zunehmendem Mangangehalt in Betracht zu kommen. Wir verzeichnen

bei 0.0139 ‰ Mangan . . .	0.93 ± 0.06 ‰ SiO_2
„ 0.0939 „ „ . . .	1.52 ± 0.07 „ „
<hr/>	
Unterschied:	0.59 ± 0.09 ‰ SiO_2 .

Die Vermehrung des Kieselsäuregehaltes überschreitet die vierfache Schwankung erheblich.

Auch das weniger manganhaltige Stroh mit seinen 0.0700 ‰ weist noch eine deutliche Vermehrung des Kieselsäuregehaltes auf, der Unterschied beträgt $0.59 \text{ ‰} \pm 0.14 \text{ ‰}$, liegt also auch

noch über die vierfache wahrscheinliche Schwankung hinaus. Von 0.07 bis 0.09 % Mangan ist allerdings eine Veränderung im Kieselsäuregehalte nicht wahrzunehmen, doch mag die erhebliche wahrscheinliche Schwankung, die dem Werte des Strohes mit 0.07 % Mangan eigen ist, dies erklären; möglicherweise würde bei mehrfacher Wiederholung der Wert dieses Strohes meist niedriger liegen.

Allzu erhebliches Gewicht dürfte auf die Vermehrung der Kieselsäure in der Asche durch oder vielmehr im Anschluss an erhöhten Mangangehalt nicht zu legen sein. Denn die beiden Reihen auf schwerem Boden, 1—3 und 4—6, die sich nur durch die Stellung der Gefässe unterschieden haben, weisen einen Unterschied von 0.26 ± 0.09 % SiO_2 auf, der allerdings nicht als sicher nachgewiesen bezeichnet werden kann, immerhin aber bereits nahezu die dreifache wahrscheinliche Schwankung erreicht.

Der Gehalt des Strohes an Aluminium- und Eisenoxyd scheint sich umgekehrt wie die Kieselsäure zu verhalten, und mit steigendem Mangangehalt abzunehmen. Indessen ist auch hier der Unterschied kein besonders erheblicher. Von den auf Buntsandsteinboden erwachsenen Strohsorten ergibt sich

bei 0.0139 % Mangan.	. .	0.49 ± 0.03 %	$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$
„ 0.0939 „ „	. .	0.26 ± 0.01 „	„ + „
<hr/>			
Unterschied: 0.23 ± 0.03 % $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$.			

Die Verminderung liegt weit über die vierfache wahrscheinliche Schwankung hinaus.

Dagegen ist die Vermehrung des Mangangehaltes von 0.0139 auf 0.0700 % ohne nennenswerten Einfluss gewesen, wofür in ähnlicher Weise, wie beim Kieselsäuregehalt dieser Strohart in der sehr erheblichen wahrscheinlichen Schwankung des letzten Wertes eine gewisse Erklärung gefunden werden könnte.

Ganz in gleicher Weise verbietet es sich aber, auf diese Änderungen im Aluminium- und Eisengehalt schärfer hinzuweisen; denn auch hier zeigen die bis auf die Stellung völlig gleich behandelten, manganarmen Reihen 1—3 und 4—6 recht deutliche, und sogar gleichfalls über die wahrscheinliche vierfache Schwankung hinausliegende Unterschiede. Es spielen höchstwahrscheinlich noch wesentlich andere Umstände, als der Gehalt beziehungsweise die Aufnahme von Mangan, in dieser Richtung eine Rolle.

Für die Kalkmenge scheint eine ziemlich regelmässige Steigerung im Anschluss an den vermehrten Mangangehalt nachzuweisen sein. Während die Werte im manganarmen Stroh auf schwerem Boden sich ziemlich hoch gestalten, aber voneinander bei beiden Reihen 1—3 und 4—6 nicht nennenswert abweichen, liegt beim auf Buntsandsteinsand gewachsenen Stroh der Kalkgehalt nicht besonders hoch, soweit die Reihe mit geringerem Mangangehalt in Frage kommt. Dann beginnt der leidlich deutliche Anstieg:

Stroh mit 0.0139 % Mangan . . .	1.20 ± 0.02 % CaO
„ „ 0.0700 „ „ . . .	1.43 ± 0.06 „ „
Unterschied: 0.23 ± 0.06 % CaO.	

Der Unterschied erreicht die vierfache, wahrscheinliche Schwankung fast völlig.

Stroh mit 0.0700 % Mangan . .	1.43 ± 0.06 % CaO
„ „ 0.0939 „ „ . .	1.57 ± 0.02 „ „
Unterschied: 0.14 ± 0.06 % CaO.	

Der Unterschied überschreitet die doppelte, wahrscheinliche Schwankung.

Trotzdem möchten wir nicht annehmen, dass hier eine ausgesprochene Manganwirkung vorliegt. Die als Dünger verwendete Manganschlacke, die zur derartig starken Erhöhung der Mangangehalte im Stroh diente, wies auch recht erhebliche Mengen von leicht löslichem Kalk auf.¹⁾ So ist es nicht unwahrscheinlich, dass die voraussichtlich wirklich eingetretene Erhöhung des Kalkgehaltes im Stroh durch die vermehrte Versorgung der Pflanzen mit leichter löslichem Kalk in Form von Ferromanganschlacke bedingt war. In ähnlicher Weise kann diese auch leichter lösliche Kieselsäure zur Verfügung gestellt, und derart zu der Steigerung des SiO_2 -Gehaltes des Strohes in Übereinstimmung mit der Vermehrung des Mangangehaltes beigetragen haben, worauf vorher noch nicht hingewiesen wurde.

Der für uns besonders wichtige Gehalt des Strohes an Eisen zeigt ganz regelloses Verhalten. Es ist, worauf im Gegensatz zu früher geäußerten Anschauungen einzelner Forscher besonders

¹⁾ Vergl. Journal für Landwirtschaft 64, 103 (1916). Dort überhaupt auf S. 104 u. ff. Näheres über den Versuch, der das hier besprochene Stroh geliefert hat.

aufmerksam gemacht sei, ein Einfluss des Mangans wohl durchaus in Abrede zu stellen. Endlich bringt auch der Kaligehalt kein Zeichen dafür, dass die Aufnahme grösserer Mengen von Mangan auf ihn irgendwelchen Einfluss zu gewinnen vermochte. Dagegen tritt sehr deutlich, und über die Fehlergrenzen hinausragend, die Wirkung der Bodenart auf die Aufnahme des Kalis hervor, eine ja nicht gerade neue Beobachtung. Der schwere Lehm Boden hat bei der nicht ganz kleinen Kalidüngung mit 5 g Kaliumnitrat und 3 g tertiärem Kaliumphosphat, sowie 5 g Chlorkalium auf das Gefäss den Pflanzen ganz erheblich weniger Kali zur Verfügung gestellt, als der ebenso behandelte Buntsandsteinsand. Die Gehalte des Strohes belaufen sich bei

schwerem Lehm Boden im Durchschnitt auf 3.41 ‰,

Buntsandsteinsand im Durchschnitt auf 4.03 ‰

ohne Rücksicht auf den Mangangehalt. Der Unterschied stellt sich demnach auf etwa 10 vom Hundert.

Damit wären die uns zur Verfügung stehenden Zahlenwerte besprochen. Irgend eine auf die Steigerung der Mangangehalte in den Pflanzen bis zu der sehr beträchtlichen Höhe von 0.1 ‰ mit einiger Sicherheit zurückzuführende, auffällige Beeinflussung auf die Zusammensetzung der unverbrennlichen Pflanzenmasse ergibt sich nicht.

Göttingen, September 1916,
Agrikulturchemisches Institut der Universität.

Über Sorption und Nitrifikation von Ammonverbindungen bei Gegenwart von Zeolithen im Boden, sowie über Ammoniakbestimmungen im Boden und über zeolithartige Substanzen.

Von

F. MÜNTER.

Nachfolgende Veröffentlichung ist aus einer Anzahl zuerst selbständiger, später ineinander greifender Arbeiten entstanden. Durch das Eintreten der kriegerischen Ereignisse im Jahre 1914 mussten die Untersuchungen vorzeitig abgebrochen werden, so dass manche Fragen nicht mehr vollständig durchgearbeitet werden konnten. Da auch keine Aussicht auf eine spätere Fortsetzung gegeben ist, sind die wichtigsten Ergebnisse unter starker Kürzung zusammengestellt worden. Obwohl sich noch manche anderen Fragen an den Resultaten erörtern liessen, soll hier doch nur das begrenzte Thema betrachtet werden.

I. Stickstoffumsetzungen in leichtem Boden bei Gegenwart von Zeolithen.

Einige Forscher schreiben die Sorption von Ammonsalzen durch den Boden Zeolithen zu, die dennoch wenig nachgewiesen werden konnten. Bei der Arbeit von ROBSON (MÜNTER und ROBSON, Centralbl. f. Bakteriologie II, Bd. 39) war die Nitrifikation von Stickstoffverbindungen in leichtem Sandboden und dem stark sorbierenden Tonboden von Gimritz bei Halle untersucht worden. Wenn nun Bodenzeolithe die Bindung der Ammonsalze verursachten, würde sich dann der benutzte Sandboden bei Zugabe von Permutit ähnlich verhalten wie der Tonboden?

Als Grundsubstanz kam also der Sandboden der Versuchswirtschaft Gross-Lübars in Betracht. Seine Zusammensetzung ist

folgende: Abschlämbbare Teile 5.2 ‰, Staubsand 12.5 ‰, Feinsand 10.7 ‰, Grobsand 70.3 ‰, Kies 1.3 ‰. 100 g Trockenerde enthielten: (Analyse: Drei Stunden mit 10 ‰ Salzsäure heiss behandelt.)

In heisser 10 ‰ HCl gelöst			N
	g		g
P ₂ O ₅	0.07	Salpeterstickstoff	0.001 03
K ₂ O	0.09	Wasserlösl. Ammonstickstoff	0.000 00
CaO	0.19	Gesamt-Ammonstickstoff	0.000 57
MgO	0.07	Gesamt-Stickstoff	0.091 48

Die Versuche gingen in glasierten Tongefässen vor sich und zwar wurde für die erste Untersuchung je 7 kg trockene Erde mit verschiedenen Zusätzen benutzt. 1. ohne Zusatz, 2. + Ammonsulfat, 3. + Hornmehl, 4. + kohlenaurer Kalk, 5. + kohlenaurer Kalk + Ammonsulfat, 6. + kohlenaurer Kalk + Hornmehl, 7. + Zeolith, 8. + Zeolith + Ammonsulfat, 9. + Zeolith + Hornmehl, 10. + kohlenaurer Kalk + Zeolith, 11. + kohlenaurer Kalk + Zeolith + Ammonsulfat, 12. + kohlenaurer Kalk + Zeolith + Hornmehl. Wegen der etwa auftretenden Säuerung des Bodens durch freiwerdende Schwefelsäure wurde zum Teil kohlenaurer Kalk zugefügt. Es kamen ferner auf je 7 kg absolut trockene Erde entsprechender frischer Boden, 140 g Permutit, 14 g kohlenaurer Kalk, sowie 23.14 g Hornmehl oder 13.34 g Ammonsulfat, entsprechend 0.04 ‰ Stickstoff.

Da die Zugabe des Stickstoffes sehr hoch bemessen war, wurde bei dem zweiten Versuche nur die Hälfte gegeben, also 11.57 g Hornmehl oder 6.67 g Ammonsulfat pro Topf. Ebenso wurde der Zeolith auf 70 g herabgesetzt. Es kamen in Ansatz je 7 kg trockene Erde mit 1. ohne Zusatz, 2. + Ammonsulfat, 3. + Zeolith + Ammonsulfat, 4. + Hornmehl, 5. + Zeolith + Hornmehl. Während bei der ersten Reihe die Bodenfeuchtigkeit zwischen 8 und 10 ‰ schwankte, betrug sie bei der zweiten nur 6—8 ‰. Angesetzt wurde die als zweiter Versuch bezeichnete Reihe am 4. Februar 1913, die grössere am 12. April 1913.

Die Mischung und Behandlung der Böden, sowie die Analysenmethoden blieben dieselben wie im Bakt. Centralbl. II, Bd. 39, S. 421 angegeben.

Um die Anführung des zu grossen Zahlenmaterials zu vermeiden, sind in den Tabellen nur die Ergebnisse der Umsetzungen der zugefügten Stickstoffmengen in Prozenten angegeben. Es wurde also von jedem Topfergebnis das Resultat des dazugehörigen blinden Topfes abgezogen.

Tabelle 1.

Untersucht auf	Untersucht nach Tagen.								
	Gefundener Stickstoff in Prozenten der zugesetzten Menge.								
	3	8 r 9	17	24 r. 25	36	47	53 r. 58	66	130
8—10% Feuchtigkeit.									
Düngung: Ammonsulfat.									
Wasserl. Ammon-N	—	63.6	51.1	38.0	23.1	8.1	4.6	—	4.1
Mg O-Stickstoff . .	—	25.7 ¹⁾	17.8	17.5	16.2	15.2	5.2	—	1.4
Salpeter-N . . .	—	1.3	13.2	28.3	45.0	49.5	47.9	—	39.8
Sa. N:	—	90.6	82.1	83.8	84.3	72.8	57.7	—	45.3
Düngung: Ammonsulfat + CaCO ₃ .									
Wasserl. Ammon-N	—	58.2	35.7	20.9	8.6	3.4	3.1	—	2.2
Mg O-Stickstoff . .	—	31.8	21.5	9.5	9.0	7.2	4.8	—	3.8
Salpeter-N . . .	—	0.5	19.4	39.5	48.7	58.8	57.1	—	65.0
Sa. N:	—	90.5	76.6	69.9	66.3	69.4	65.0	—	71.0
Düngung: Ammonsulfat + Zeolith.									
Wasserl. Ammon-N	—	36.0	27.1	24.7	18.0	8.3	8.3	—	4.1
Mg O-Stickstoff . .	—	52.1	41.6	41.7	37.0	35.7	20.0	—	7.1
Salpeter-N . . .	—	1.0	14.2	17.6	24.5	28.9	39.4	—	50.5
Sa. N:	—	89.1	82.9	84.0	79.5	72.9	67.7	—	61.7
Düngung: Ammonsulfat + Zeolith + CaCO ₃ .									
Wasserl. Ammon-N	—	35.9	21.3	11.2	4.7	2.1	1.2	—	0.5
Mg O-Stickstoff . .	—	52.3	45.3	23.2	16.6	6.9	5.4	—	4.0
Salpeter-N . . .	—	0.2	22.5	41.7	52.3	55.3	51.5	—	57.9
Sa. N:	—	88.4	89.1	76.1	73.6	64.3	58.1	—	62.4

¹⁾ Der durch die Magnesiadestillation gefundene Gesamtstickstoff beträgt 89.3%. Davon ist der wasserlösliche mit 63.6% abzuführen. Der durch Magnesia gelöste Stickstoff beträgt mithin 25.7%.

Untersucht auf	Untersucht nach Tagen.								
	Gefundener Stickstoff in Prozenten der zugesetzten Menge.								
	3	8 r. 9	17	24 r. 25	36	47	53 r. 58	66	130
6—8 % Feuchtigkeit.									
Ammonsulfat.									
Wasserl. Ammon-N	55.7	53.5	46.8	36.7	20.9	—	5.0	0.0	—
MgO-Stickstoff . .	36.7	35.7	30.3	22.2	17.6	—	2.8	0.0	—
Salpeter-N . . .	0.2	0.0	10.6	26.1	48.5	—	64.9	66.5	—
Sa. N:	92.6	89.2	87.7	85.0	87.0	—	72.7	66.5	—
Gefundener N:	—	98.8	97.0	—	90.7	—	—	—	—
Ammonsulfat + Zeolith.									
Wasserl. Ammon-N	33.3	32.1	33.4	24.8	15.7	—	4.9	0.0	—
MgO-Stickstoff . .	56.5	58.3	48.0	41.9	35.5	—	8.8	1.2	—
Salpeter-N . . .	0.3	0.5	7.9	20.2	36.6	—	56.7	69.4	—
Sa. N:	90.1	90.9	89.3	86.9	87.8	—	70.4	70.6	—
Gefundener N:	—	100.0	99.1	—	92.6	—	—	—	—

A. Ammonsulfatumsetzungen.

1. Wasserlöslicher Ammonstickstoff.

Bei Betrachtung des wasserlöslichen Ammonstickstoffes zeigt sich, dass durch Gegenwart von Zeolith die Menge des wasserlöslichen Stickstoffs bedeutend herabgedrückt wurde. Bereits nach 3 Tagen war die Hauptmasse des Ammonstickstoffes durch Zeolith und Boden sorbiert worden. Nach acht Tagen fanden sich kaum etwas mehr als 30 % wasserlöslich vor. Dies wäre ein ähnliches Ergebnis wie das Verhältnis von Sand- zu Tonboden, wo nach drei Wochen noch 60 zu 14 % wasserlöslicher Ammonstickstoff vorhanden waren.

2. Durch MgO gefundener Ammonstickstoff.

Zunächst mag festgestellt werden, dass auch der Sandboden wie in früheren Versuchen ein beträchtliches Sorptionsvermögen zeigte, da 25—35 % des zugefügten Ammonstickstoffes nur durch Magnesiadestillation wieder entfernt werden konnten. Ein ähnliches Resultat ergab der Zeolith, welcher die Sorption um weitere ca. 20—25 % erhöhte, entsprechend dem Tonboden. Es scheint ferner, als ob bei diesen Versuchen das von Sand-

boden sorbierte Ammonsalz leichter zersetzt wurde als das vom Zeolith gebundene. Während der Stickstoff bei ersterem in den ersten Wochen (bis 47 Tage) um 10.5 % abgenommen hatte, gingen vom Zeolith gebundenen Stickstoff nur 5.9 % verloren, beim zweiten Versuche (in 36 Tagen) 19.1 gegen 1.9 %. Der durch Zeolith gebundene Stickstoff ist scheinbar schwerer zu zersetzen als der von Sandboden sorbierte. Diese Stickstoffquelle fliesst für die Lebewesen langsamer. Kohlensaurer Kalk beschleunigt auf alle Fälle die Zersetzung des Ammonsulfates.

Betrachtet man die Gesamtmenge der vorhandenen Ammonsalze, so sind bei Gegenwart von Zeolithen in der Hauptumsetzungszeit stets grössere Mengen vorhanden. Ein ähnliches Verhältnis zeigte sich bei niederem Wassergehalt zwischen Sand- und Tonboden nach 6 und 12 Wochen. Bei höherer Feuchtigkeit trat im Tonboden die Nitrifikation zu stark ein, um grössere Mengen Ammonstickstoff halten zu können.

3. Salpeterbildung.

War dem Boden genügend Kalk zugegeben, so beeinträchtigte Zeolith die Salpeterbildung nicht, weil sie bereits sehr gross war. Ohne Kalkzugabe war sie bedeutend geringer, vielleicht infolge freiwerdender Schwefelsäure. Aber bei dem Sandboden ohne Zusatz hätte die Schwefelsäure noch stärker wirken müssen, da im Zeolith eine gewisse Menge Kalk zur Bindung der Säure vorhanden war. Vermutlich aber sind unbeobachtete Störungen eingetreten, denn dies Ergebnis steht im Widerspruch mit anderen Beobachtungen. Schon die Umsetzungen bei niederem Wassergehalt zeigen höhere Salpetermengen an. Dass die Nitrifikation in trocknerem Boden bei Zeolithgegenwart langsamer vonstatten ging, ist ganz natürlich, da der Permutit einen grossen Teil der geringen Wassermenge bindet, welche die Organismen zum Leben gebrauchen. Diese Erscheinung entspricht vollständig den Umsetzungen im trocknen Tonboden. Während im Sandboden (Bakt. C.-Bl. II, 39, S. 430) nach 6 Wochen 25 % Salpeter vorhanden waren, brachte es der Tonboden nur auf 2 %. Anders aber bei mittlerem Wassergehalt. Hier waren nach drei Wochen bereits 10 % im Sandboden gegen 26 % im Tonboden vorhanden.

B. Hornmehlumsetzungen.

Tabelle 2.

Untersucht auf	Untersucht nach Tagen. Gefundener Stickstoff in Prozenten der zugesetzten Menge.								
	3	8 r. 9	17	24 r. 25	36	47	53 r. 58	66	130

8–10% Feuchtigkeit.

Hornmehl.

Wasserl. Ammon-N	—	24.5	18.0	9.5	5.4	2.9	0.0	—	0.0
Mg O-Stickstoff . .	—	20.0	12.5	6.7	6.5	4.8	2.9	—	2.7
Salpeter-N . . .	—	1.2	20.2	25.2	29.7	31.1	28.0	—	29.5
Sa. N:	—	45.7	50.7	41.4	41.6	38.8	30.9	—	32.2

Hornmehl + CaCO₃.

Wasserl. Ammon-N	—	24.4	16.7	2.0	0.6	0.6	0.0	—	0.0
Mg O-Stickstoff . .	—	16.2	13.3	0.0	3.2	1.2	2.3	—	0.5
Salpeter-N . . .	—	0.5	20.3	42.2	43.3	41.2	44.8	—	53.6
Sa. N:	—	41.1	50.3	44.2	47.1	43.0	47.1	—	54.1

Hornmehl + Zeolith.

Wasserl. Ammon-N	—	13.9	10.7	4.8	3.0	1.1	0.0	—	0.0
Mg O-Stickstoff . .	—	33.6	26.7	16.0	11.6	11.0	5.3	—	3.4
Salpeter-N . . .	—	0.7	18.9	31.2	37.4	39.1	35.1	—	43.7
Sa. N:	—	48.2	56.3	52.0	52.0	51.2	40.4	—	47.1

Hornmehl, Zeolith + CaCO₃.

Wasserl. Ammon-N	—	13.9	8.7	1.4	0.6	0.7	0.0	—	0.0
Mg O-Stickstoff . .	—	26.6	24.2	7.0	5.9	2.3	1.9	—	0.0
Salpeter-N . . .	—	0.9	22.5	40.7	45.3	47.3	51.8	—	62.0
Sa. N:	—	41.4	55.4	49.1	51.8	50.3	53.7	—	62.0

6–8% Feuchtigkeit.

Hornmehl.

Wasserl. Ammon-N	8.4	16.3	15.0	6.2	1.3	—	0.0	0.0	—
Mg O-Stickstoff . .	4.7	13.7	21.3	9.7	4.2	—	1.7	0.0	—
Salpeter-N . . .	0.8	2.3	16.7	33.1	49.6	—	59.2	53.3	—
Sa. N:	13.9	32.3	53.0	49.0	55.1	—	60.9	53.3	—
Gefundener N:		99.1	97.8		92.3				

Untersucht auf	Untersucht nach Tagen.								
	Gefundener Stickstoff in Prozenten der zugesetzten Menge								
	3	8 r. 9	17	24 r. 25	36	47	53 r. 58	66	130
Hornmehl + Zeolith.									
Wasserl. Ammon-N	2.2	9.0	12.3	9.3	5.3	—	0.0	0.0	—
MgO-Stickstoff . .	10.3	21.2	28.6	25.2	21.5	—	4.6	0.0	—
Salpeter-N . . .	0.2	2.5	12.3	24.6	42.7	—	54.9	54.2	—
Sa. N:	12.7	32.7	53.2	59.1	69.5	—	59.5	54.2	—
Gefundener N:		100.0	100.7		94.2				

1. Wasserlöslicher Ammonstickstoff.

Bei der Zersetzung des Hornmehles machte sich der geringe Unterschied der Bodenfeuchtigkeit noch mehr geltend. Der höhere Wassergehalt gestattete eine lebhaftere Ammoniakbildung, welche bereits nach acht Tagen ihren Höhepunkt mit ca. 25 % erreichte, bei Gegenwart von Zeolith mit 14 %. Dieser niedere Gehalt beruht aber nicht auf ungünstiger Umsetzung, sondern auf Sorption des gebildeten Ammons. Langsamer ging die Zersetzung bei niederem Feuchtigkeitsgrade vor sich. Hier lag der Höhepunkt des vorhandenen Ammons zwischen 8 und 17 Tagen bei ca. 16 %, bei Zusatz von Zeolith nach 17 Tagen mit 12 % N.

Im ähnlichen Sinne trat der Unterschied zwischen Sand- und Tonboden hervor. Während im Sandboden bei niederem Wassergehalt 20 % wasserlöslicher Ammonstickstoff vorhanden waren, zeigte der Tonboden nirgends eine Spur davon.

2. Durch MgO gefundener Ammonstickstoff.

Der benutzte feuchte Sandboden zeigt bereits nach 8 Tagen seine grösste Ammonsorption mit 20 %, für den Zeolith eine Zunahme von weiteren 14 %. Der trockne Boden enthielt erst nach 17 Tagen 21 resp. mit Zeolith 28 % Ammonstickstoff. Der Kalkzusatz veranlasste wieder eine schnellere Umsetzung. Die Bildung der Höchstgesamtammonmenge wurde durch Zeolith nur wenig erhöht. Als grösster Betrag wurde 44 gegen 47 % Ammonstickstoff gefunden. Wenn bei früheren Versuchen und Untersuchungen anderer Forscher teils recht geringe Mengen Ammonstickstoff nachgewiesen wurden, so sind daran vielleicht die zu späte Vornahme der Analysen schuld gewesen.

Leider kann kein Vergleich mit der früheren Arbeit angestellt werden, weil der vom Tonboden gebundene Ammonstickstoff nicht gefunden wurde. Für eine diesbezügliche nachträgliche Untersuchung mit besseren Arbeitsmethoden war keine Gelegenheit mehr gegeben. Nur soviel kann festgestellt werden, dass bei niederem Wassergehalt die Zersetzung der gebildeten Ammonverbindungen langsamer vor sich ging, wenn Zeolith vorhanden war. Bei höherer Feuchtigkeit trat kein Unterschied auf.

3. Salpeterbildung.

Im trocknen Boden behinderte Zeolith anfangs die Salpeterbildung, bei genügender Feuchtigkeit förderte er sie, ähnlich wie das Verhältnis von Sand- zu Tonboden. Der trockne Boden zeigte bei diesem Versuche nach ca. 3 Wochen 33 % Salpeterstickstoff gegen 24 % bei Gegenwart von Zeolith. Nach sechswöchentlicher Versuchsdauer der früheren Untersuchung wurden beim Sandboden 38 % gegen 0 % beim Tonboden gefunden. Das umgekehrte Verhältnis trat bei grösserer Feuchtigkeit ein, nämlich von 25:31 % gegen früher 49:57 % oder bei höchstem Wassergehalt bereits nach 3 Wochen von 27:37 % Salpeterstickstoff. Eine Zugabe von Zeolith verleiht also dem Sandboden Eigenschaften des Tonbodens.

Sehr günstig gestaltete sich die Nitrifikation bei Gegenwart von kohlensaurem Kalk. Auch hier erhöhte der Permutit den Salpetergehalt von 54 % auf 62 %.

Überblickt man die beiden ersten Versuche, so kann tatsächlich gesagt werden, dass in betreff der Ammonbindung und Nitrifikation ein Sandboden mit Zeolith sich einem Tonboden ähnlich verhält.

C. Ammonsulfatumsetzungen im Sand.

Bereits in der früheren Arbeit war angedeutet worden (Bakt. C.-Bl. II, 39, S. 430), dass mit Ammonsulfat versetzter Gimritzer Boden durch eine Magnesiadestillation nicht stets allen Ammonstickstoff wieder abgab. Diese Feststellung gab Veranlassung zu den in der II. Abteilung angegebenen Versuchen für eine möglichst schnelle Bestimmung des gesamten Ammonstickstoffes.

Wie verhält sich demgegenüber der Permutit? Auch er gibt durch eine Magnesiadestillation nicht allen Ammonstickstoff zu erkennen. Anders verhält sich Natronlauge, welche allen Stickstoff aus Zeolith entfernt. Diese Methode ist aber wegen der erfolgenden Zersetzung stickstoffhaltiger organischer Substanzen für Böden nicht angängig. Dahingegen soll eine andere Arbeitsweise für den nächsten Zeolithversuch in Anwendung kommen. Gibt man nämlich bei der Ammoniakbestimmung des Permutits durch Magnesiumoxyd Kaliumchlorid hinzu, so lässt sich sämtlicher Stickstoff entfernen.

5 g Zeolith wurden mit 25 g gewaschenem Sand gemischt, mit einer bestimmten Ammonsulfatlösung versetzt und nach 72stündigem Stehen destilliert. Es wurde bei der Magnesiadestillation stets so gearbeitet, dass 100 ccm Flüssigkeit im Destillationskolben enthalten waren, die vollständig bis zur Trockne übergetrieben wurden.

	Destilliert mit	gefundener N g	absorbierter N %
Ammonsulfat	MgO	0.009 36	0.0
Zeolith + Ammonsulfat	MgO	0.006 70	18.4
" + "	MgO + KCl	0.009 36	0.0
" + "	MgO + KCl + 1 ccm NaOH	0.009 36	0.0
Zeolith	MgO + KCl	0.000 00	0.0

Es zeigte sich also, dass bei Ammonzeolith der Stickstoff nicht durch eine Magnesiabestimmung festzustellen ist, wohl durch Magnesiumoxyd + Kaliumchlorid, also mit Hilfe des Basenaustausches. Dies ist auch der Grund, weshalb die gefundenen Ammonzahlen der beiden ersten Versuche nicht für alle Betrachtungen herangezogen werden können. So würden bei der Hornmehlzersetzung sicher noch höhere Ammonmengen gefunden worden sein.

Nun zum dritten Versuch. Um alle Einflüsse eines natürlichen Bodens möglichst auszuschalten, wurde ein Gemisch von 50 % gewaschenem gelben groben und 50 % weissem feinen Sande hergestellt. Jeder Topf enthielt 7 kg Trockensand mit folgenden Zusätzen: 1. ohne, 2. Ammonsulfat, 3. Ammonsulfat + 210 g GANSScher Permutit, 4. und 5. Ammonsulfat + 210 g

Neuer Zeolith, 6. Ammonsulfat + 150 g wässriges Aluminiumhydroxyd + 300 g wässrige Kieselsäure.

Um die bakterielle Tätigkeit einzuleiten, wurde ein Extrakt von 2000 g Lauchstedter Lösslehmmerde und 2000 g Wasser hergestellt, und von der nach wiederholtem Schütteln überstehenden schwachtrüben Lösung 100 ccm pro Topf zugesetzt. Dazu kam eine Nährlösung von 200 ccm Wasser, 0.5 g Kaliumzitrat, 1.0 g Traubenzucker, 2 g K_2HPO_4 , 0.5 g $Ca_3(PO_4)_2$, 0.5 g Kaliumchlorid, 0.5 g Magnesiumsulfat, einen Tropfen Eisenchlorid und 0.5 g trockenem, kohlensaurem Kalk; sowie 4 g aufgeschwemmtes Fliesspapier enthaltend 0.77 g Trockensubstanz, ferner zweimal im Laufe des Versuches je 0.5 g Traubenzucker. Pro Topf wurden 2.1 g N als Ammonsulfat gegeben.

Es ist noch zu bemerken, dass der GANSSsche Permutit eine andere Probe ist als der bei den beiden ersten Versuchen benutzte. Die als „Neuer Zeolith“ bezeichnete Substanz wurde folgendermassen gewonnen: In aufgeschwemmten GANSSschen Permutit wurde Kohlensäure eingeleitet, das ausgeschiedene Calciumkarbonat durch Abschwemmen und mit etwas Essigsäure möglichst entfernt. Nach tagelangem Auswaschen mit destilliertem Wasser wurde die körnige Masse bei 60° getrocknet. Analysen folgend:

100 Teile enthielten:	GANSScher Zeolith	Neuer Zeolith
Wasser (bei 100—102° getrocknet) . . .	32.7	34.4
Glühverlust	1.9	5.4
SiO_2	30.6	30.3
Al_2O_3	18.7	18.0
CaO	5.8	3.9
Alkalien	10.3	7.0

Ein bemerkenswerter Unterschied tritt also nur beim Glühverlust und in der Menge des Kalkes und der Alkalien ein.

Die 150 g aufgeschwemmtes Aluminiumhydroxyd enthielten 10.68 g, die 300 g Kieselsäure 25.60 g Trockensubstanz. Es ist also zu berücksichtigen, dass die Zeolithtöpfe rund 3.7 mal mehr Trockensubstanz enthielten. Die Gele des Aluminiumhydroxyds und der Kieselsäure wurden kalt verrieben und dem Sande unter längerem Mischen zugesetzt.

Der Wassergehalt hielt sich zwischen 9 und 5 Prozent.

Der Versuch wurde am 6. Dezember 1913 angesetzt und standen die Töpfe bei mittlerer Temperatur im geheizten Zimmer. Selbstverständlich war vorauszusehen, dass die Umsetzungen bei dem mässigen Nährboden, der relativ geringen Zahl Bakterien und anderen ungünstigen Umständen (Winterzeit mit kühlen Nächten im Zimmer usw.) nur langsam vor sich gehen würde; aber die Veränderungen sollten sich gerade schwach vollziehen, um besser beobachtet werden zu können. Bei diesen Versuchen sind daher keine Endresultate zu erwarten.

Es mag noch bemerkt werden, dass für die in Prozenten berechneten Tabellen eine Fehlergrenze von 2—3 % gegeben werden muss. Es wurden z. B. bei der Magnesiadestillation 25 g Erde angewandt. Eine Differenz von $\frac{9}{10}$ ccm Natronlauge macht bereits ca. 3 % aus. 1 ccm NaOH = 0.00054 g N.

(Siehe die Tabelle 3 auf S. 158.)

1. Wasserlöslicher Ammonstickstoff.

Auffallend ist, dass selbst bei diesem Sande ohne Zusatz 20 % des zugegebenen Ammonstickstoffs durch Ausschütteln mit Wasser nicht nachgewiesen werden konnten. Die Adsorption muss also als sehr stark angenommen werden. Bei den beiden Zeolithen verschwanden im Laufe von drei Wochen, d. h. bis zum Beginn der Salpeterbildung, 85 % des wasserlöslichen Stickstoffs. Dieselbe Erscheinung zeigte ja der Tonboden. Bemerkenswert ist, dass der wasserlösliche Ammonstickstoff nicht plötzlich verschwand, sondern von Tag zu Tag abnahm. Dies darf nicht zugunsten einer Adsorption verzeichnet werden, denn auch der reine Zeolith nimmt nicht plötzlich den Stickstoff auf, wie später gezeigt werden soll. Hier nimmt die festere Bindung bis zum 23. Tage zu. Der Kieselsäure- und Aluminiumhydratzusatz bewirkten keine besondere Sorption.

2. Durch Magnesiumoxyd löslicher Ammonstickstoff.

Sogar der reine Sand hielt noch 10 % Ammonstickstoff festgebunden. Dieser nahm im Laufe des Versuches nur wenig ab. Sehr gross war die Sorption des Ganssschen Zeolithes bereits in den ersten Tagen und erreichte sie ihren Höhepunkt nach drei Wochen mit 63 %, um dann allmählich wieder abzunehmen. Stets geringer war die beim Neuen Zeolith bestimmbare Ammon-

Tabelle 3.

Untersucht auf	Gefundener Stickstoff in Prozenten der zugesetzten Menge. Untersucht nach Tagen im							
	Dezember				Januar	März	April	Juni
	2	3	9	23	54	88	128	175
Beigabe: Ohne Zusatz.								
Wasserl. Ammon-N.	} 92.0	} 90.4	77.8	71.5	63.6	62.1	60.9	50.9
MgO Ammon-N.			10.8	10.2	9.1	10.2	3.6	6.5
MgO + KCl A.-N.			0.0	0.0	0.0	0.7	2.5	0.0
Salpeter-N.			2.8	2.0	2.6	3.3	7.0	10.7
Sa. N:			91.4	83.7	75.3	76.3	74.0	68.1
Gefundener N:			94.1		86.3			88.2
Beigabe: GANSScher Zeolith.								
Wasserl. Ammon-N.	} 86.7	} 87.3	33.6	15.4	10.8	7.5	6.1	3.6
MgO Ammon-N.			51.3	63.2	55.2	42.1	26.9	10.0
MgO + KCl A.-N.			9.1	4.1	6.9	13.9	5.4	0.7
Salpeter-N.			2.5	2.4	8.5	24.8	29.1	38.0
Sa. N:			96.5	85.1	81.4	88.3	67.5	52.3
Gefundener N:			97.7		86.1			73.7
Beigabe: Neuer Zeolith.								
Wasserl. Ammon-N.	} 75.5	} 68.5	34.8	15.1	10.3	8.4	5.7	2.7
MgO Ammon-N.			37.5	56.1	35.9	38.8	14.0	5.9
MgO + KCl A.-N.			23.6	23.8	18.1	21.1	8.4	1.6
Salpeter-N.			2.8	3.2	19.0	30.1	51.2	61.1
Sa. N:			98.7	88.2	89.3	98.4	79.3	71.3
Gefundener N:			97.8		92.7			88.9
Beigabe: Aluminiumhydrat + Kieselsäure.								
Wasserl. Ammon-N.	} 89.9	} 90.4	79.4	71.4	70.0	66.0	65.5	58.5
MgO Ammon-N.			11.7	11.3	11.1	10.7	5.9	9.7
MgO + KCl A.-N.			0.0	1.5	0.0	1.3	2.3	0.0
Salpeter-N.			3.1	2.8	4.5	4.5	6.3	7.4
Sa. N:			94.2	87.0	85.6	82.5	80.0	75.6
Gefundener N:			96.0		91.3			99.6

menge. Diese Sorption trat anfangs nicht so stark auf, erreichte nach drei Wochen den Höhepunkt mit 56 %, um dann wieder schneller als beim GANSSchen Permutit zu sinken. Kieselsäure und Aluminiumhydroxyd verursachten keine Wirkung.

3. Durch Magnesiumoxyd und Kaliumchlorid löslicher Ammonstickstoff.

Der reine Sand vermochte keinen Stickstoff mehr zu binden. Auch ein Zusatz von Kieselsäure und Aluminiumhydrat blieb ohne Wirkung. Der GANSSche Permutit konnte noch etwa 10 % stark binden. Weit grössere Mengen vermochte der Neue Zeolith noch festzulegen. Vielleicht beruht diese Wirkung auf der geringeren Summe Alkalien. Durch die grösseren Mengen freier OH-Gruppen wird ein Basenaustausch unnötig. Möglich auch, dass die grössere Anzahl Basen beim GANSSchen Zeolith infolge steriler Hinderung die schwächere Bindung der Ammongruppen bedingt. Auch die Gesamtmasse des sorbierten Ammonstickstoffes ist grösser, nämlich 79.9 % gegen 67.3 % beim GANSSchen Permutit. Diese stärkste Bindung scheint im Gegensatz zur leichteren bereits in den ersten Tagen vollzogen zu werden.

Betrachtet man die Zersetzung der einzelnen Ammonmengen z. B. bis März, so wird scheinbar zuerst der wasserlösliche, dann der fester gebundene Stickstoff von den Bakterien angegriffen.

4. Salpeterbildung.

In reinem Sande, sowie bei Zusatz von Kieselsäure und Aluminiumhydrat ging die Salpeterbildung sehr langsam vor sich. Möglich, dass die freiwerdende Schwefelsäure die Tätigkeit der Bakterien behinderte. Bei Zugabe von Zeolith konnte die anorganische Säure durch den Kalk gebunden und die Nitrifikation begünstigt werden. Aber dies kann nicht allein der Grund sein, denn gerade bei dem Neuen Zeolith mit geringerer Basenmenge trat die Oxydation kräftiger auf. Bereits nach 54 Tagen betrug der Unterschied 10 %, um am Schluss auf 23 % zu steigen. Während ohne Zusatz sowie Kieselsäure- und Aluminiumhydroxyd Gegenwart nach 175 Tagen erst ca. 10 % Salpeterstickstoff zeigten, wurden bei Anwesenheit des GANSSchen Zeolithes 38 %, des Neuen Zeolithes 61 % Salpeterstickstoff gebildet. Der Zeolith begünstigte also bei genügend Wassergegenwart die Nitrifikation, trotzdem ein Teil des Ammonstickstoffes sehr festgelegt worden war. Genau wie im Tonboden.

Der Gesamtstickstoff nahm etwas ab. Gegen 20 % der zugefügten Stickstoffmenge wurden als organischer Stickstoff festgelegt.

Der dritte Versuch bestätigt also vollkommen, dass sich ein Sandboden mit Zeolith wie ein Tonboden verhält. Während aber bei der Differenzierung der Ammoniakbestimmungsmethoden, nämlich Destillation mit Magnesiumoxyd und Magnesiumoxyd + Kaliumchlorid, bei den Zeolithen ein Unterschied in den gefundenen Ammonienge n auftrat, konnte dies bei Boden nicht beobachtet werden. Es seien hier nur wenige aus verschiedenen Erdteilen bezogene Böden angeführt.

Tabelle 4.

Nummer	Fundort	Art des Bodens	Tiefe der Entnahme cm
1	Australien, Neu Pommern, Ab.	Alluvialboden	0—25
2	Ostafrika, Küstengebiet, T.	Sandiger Lehm	75—100
3	" Morogorro, M.	Roterde	0—50
4	" Usambara, L.	Sandiger Lehm	0—50
5	Kamerun, A. Fr.	Vulkanischer Boden	0—25
6	" H. K. T.	Vulkanischer Boden	0—25
7	" Küstengebiet, V. 4.	—	0—25
8	" " W. Pf. B.	—	0—25
9	Togo, G. Pf.	Lehmboden	0—25
10	Deutsch Südwest Afrika, O. II.	River Schwemmland	0—25
11	Guatemala, B. 3—4.	Ton	50—100
12	" B. 11—12.	Lehm	25—75
13	Deutschland, Halle a. S. G.	Ton	0—25
14	Ga nsscher Zeolith		
15	Neuer Zeolith		

Stehen wurde auf 250 g ccm + Bodenvolumen aufgefüllt, durchgeschüttelt und filtriert. Von der Lösung wurden 100 ccm mit Magnesiumoxyd bis zur Trockne destilliert.

(Siehe die Tabelle 5 auf S. 162.)

Betrachtet man die Sorption überhaupt, so ist kein Anhalt an der chemischen Untersuchung zu finden. Weder die Reaktion,

Die chemische Untersuchung zeigt saure und alkalische Erden; teils mit geringem (6 ‰), teils mit hohem (46 ‰) Glühverlust. Sowohl der Eisen- wie Tonerdegehalt schwankten sehr. Die Untersuchung selbst wurde derart ausgeführt, dass 150 g lufttrockner Boden mit 500 ccm 30 ‰ Salzsäure zwei Tage unter stündlichem Durchschütteln in der Kälte behandelt wurde. Die klare salzsaure Lösung wurde darauf untersucht.

Zuerst sollte ermittelt werden, ob die Konzentration der Ammonsulfatlösung einen Einfluss auf die Sorption ausübt und ob zwischen Stärke der Bindungskraft und Schnelligkeit derselben ein bestimmtes Verhältnis besteht. 25 g Boden wurden a) mit 25 ccm, b) mit 100 ccm Ammonsulfatlösung versetzt, welche 0.03080 g N enthielt. Nach vierundzwanzigstündigem

Tabelle 4.

Reaktion	Bei 100—102° getrockneter Feinboden (unter 2 mm) enthält in Prozenten					Lufttrockner Boden enthält Feuchtigkeit %
	Glühverlust	Kieselsäure	Eisen-oxyd	Aluminium-oxyd	Kalk, Magnesia und Kali	
neutral	14.4	0.1	5.8	3.1	0.3	5.0
neutral	13.6	0.3	2.4	2.0	0.3	7.7
sauer	14.4	0.1	5.1	2.4	0.1	5.7
sauer	10.2	1.8	2.5	0.8	0.1	3.3
schwach sauer	11.6	0.2	13.7	3.4	1.6	7.6
schwach alkalisch	15.1	3.1	18.8	9.7	4.2	11.7
sauer	9.5	0.0	4.1	3.3	0.1	2.7
schwach sauer	5.6	0.0	1.3	1.5	0.1	1.2
neutral	6.3	0.0	4.1	0.8	1.0	6.0
alkalisch	5.9	0.2	3.2	3.7	3.2	1.6
schwach alkalisch	46.1	1.0	9.5	20.1	0.6	20.4
neutral	28.0	2.0	7.7	12.9	0.3	11.6
alkalisch	10.1	0.0	3.3	2.6	2.8	3.4
alkalisch	2.8	45.5	0.0	27.8	14.5	32.7
alkalisch	7.8	46.2	0.0	27.4	12.7	34.4

noch der Glühverlust, ebensowenig der Gehalt an Kieselsäure, noch ihr Verhältnis zu Eisen und Tonerde, noch die Menge der Alkalien gaben einen Aufschluss. Gerade die beiden am stärksten sorbierenden Böden enthielten keine salzsäurelösliche Kieselsäure.

Auch das Verhalten der verschiedenen Lösungsmengen war nicht einheitlich. Teils übten sie einen Einfluss aus, teils blieben

Tabelle 5.

Wasserlöslicher Ammonstickstoff.

Böden Sorptionsdauer 24 Stunden	Angewandter Stickstoff 0.0308 g als Ammonsulfat in			
	20 ccm Lösung		100 ccm Lösung	
	gefundener Ammon- stickstoff g	sorbierter Stickstoff %	gefundener Ammon- stickstoff g	sorbierter Stickstoff %
1 Abl.	0.0176	42.9	0.0176	42.9
2 Ta.	0.0196	36.4	0.0204	33.8
3 Mo.	0.0218	26.0	0.0218	26.0
4 Lo.	0.0260	15.6	0.0260	15.6
5 Afr. Fr. C.	0.0140	54.6	0.0162	47.4
6 H. K. T.	0.0154	50.0	0.0168	45.5
7 V. 4.	0.0274	11.0	0.0274	11.0
8 W. Pf. B.	0.0274	11.0	0.0274	11.0
9 G. T.	0.0182	40.9	0.0196	36.4
10 O. II.	0.0252	18.2	0.0252	18.2
11 R. 3.4	0.0162	47.4	0.0162	47.4
12 B. 11.12	0.0246	20.1	0.0246	20.1
13 Halle-Gi.	0.0134	56.5	0.0162	47.4
GANSScher Zeolith	0.0162	47.4	0.0196	33.8
Neuer Zeolith	0.0190	38.3	0.0204	15.6

sie ohne jede Wirkung. Nicht etwa, dass nur die schwache Sorption sich einflusslos zeigte. So zeitigten die Flüssigkeitsmengen bei den beiden starksorbierenden Böden 1 und 11 keinen Unterschied, wohingegen die verdünnte Lösung bei 5, 6, 9 und 13 die Sorption verzögerte. Aber auch die beiden Zeolithe wurden, entgegen den Befunden einzelner Forscher, in ihrer Bindungskraft beeinflusst. Es besteht also hierin kein Unterschied zwischen dem künstlichen Permutit und manchen Böden. In beiden Fällen findet Basenaustausch und Adsorption statt. Zwischen der Höhe der Sorption und der Bindungsschnelligkeit machte sich kein bestimmtes Verhältnis bemerkbar.

Ein weiterer Versuch zeigte noch deutlicher, dass die Sorption sowohl bei Böden wie auch den beiden Zeolithen langsam fortschreitet. Es wurde der wasserlösliche Ammonstickstoff bestimmt.

Tabelle 6.

2.5 g Zeolith oder 25 g Boden sorbierten von 0.0288 g N als Ammonsulfat folgende Mengen Stickstoff, berechnet in Prozenten.

	Flüssig- keits- menge ccm	Dauer der Sorption				
		30 Minuten	1 Stunde	3 Stunden	24 Stunden	96 Stunden
Zeolith	25	17.4	19.4	19.4	27.1	29.2
unter 0.5 mm Korngrösse. . .	100	17.4	17.4	17.4	22.2	24.3
Zeolith	25	19.4	19.4	29.2	41.7	51.4
zwischen 1 u. 2 mm Korngrösse	100	14.5	14.5	19.4	24.3	43.7
Gimritzer Tonboden	25	46.5	46.5	46.5	50.0	50.0
	100	41.7	43.7	43.7	43.7	46.5
Erde A. F. C.	25	43.7	46.5	48.6	48.6	48.6
	100	38.9	38.9	41.7	43.7	43.7

Ein Unterschied machte sich zwischen grobem (1—2 mm) und feinem (unter 0.5 mm) Zeolith geltend. Also auch die Korngrösse ist von Einfluss. Dies möge noch ein Versuch einer anderen Probe GANSSchen Permutites aus dem Jahre 1910 zeigen. Dieser Unterschied machte sich sogar bei der festeren Bindung (Magnesiadestillation) bemerkbar. 2.5 g Zeolith in zwei Grössen wurden mit einer Chlorammonlösung versetzt und mit Magnesiumoxyd direkt destilliert.

Dauer der Ein- wirkung des Ammon- chlorides	Destilliert mit	Gefundener Stickstoff		
		Ammon- chlorid allein g	Korngrösse unter 0.2 mm g	Korngrösse zwischen 0.5 u. 1 mm g
24 Stunden . . .	MgO	0.010 00	0.010 01	0.008 07
72 " . . .	MgO	—	0 009 84	0.007 84
144 " . . .	MgO	0.009 90	0 009 61	0.007 90
144 " . . .	NaOH	0.010 02	0.010 50	0.010 30

Der gröbere Permutit hielt also sein gebundenes Ammon fester als der feine, wohingegen Natronlauge die Base vollständig befreite.

Es zeigte sich also, dass in betreff der Bindungsgeschwindigkeit kein prinzipieller Unterschied zwischen Böden und Zeolith besteht.

Aber ein genereller Unterschied zwischen den behandelten Böden und den Permutiten scheint doch vorhanden zu sein. Sämtliche Erden gaben durch eine Magnesia- oder Magnesia- und Kaliumchlorid-Destillation stets gleichviel Ammonbase ab, während die Permutite sich verschieden verhielten, d. h. durch Basenaustausch infolge Kaliumsatzes die Ammonabgabe vergrösserten.

Tabelle 7.

Angewandter Ammonstickstoff: 0.0297 g Boden	Destilliert mit	Gefundener Ammonstickstoff			Sorbierter Stickstoff %
		Boden + Ammon- sulfat g	Boden allein g	Differenz g	
1 Abl.	MgO	0.0314	0.0019	0.0295	0.7
	MgO + KCl	0.0314	0.0019	0.0295	0.7
2 Ta.	MgO	0.0305	0.0011	0.0294	1.0
	MgO + KCl	0.0305	0.0011	0.0294	1.0
3 Mo.	MgO	0.0297	0.0011	0.0286	3.7
	MgO + KCl	0.0297	0.0011	0.0286	3.7
4 Lo.	MgO	0.0308	0.0025	0.0283	4.7
	MgO + KCl	0.0308	0.0025	0.0283	4.7
5 Af. Fr. C. . .	MgO	0.0302	0.0011	0.0297	0.0
	MgO + KCl	0.0311	0.0011	0.0300	0.0
6 H. K. T. . . .	MgO	0.0322	0.0031	0.0291	2.0
	MgO + KCl	0.0322	0.0031	0.0291	2.0
7 V. 4	MgO	0.0316	0.0023	0.0293	1.3
	MgO + KCl	0.0316	0.0023	0.0293	1.3
8 W. Pf. B. . .	MgO	0.0300	0.0011	0.0289	2.7
	MgO + KCl	0.0300	0.0011	0.0289	2.7
9 G. Pf.	MgO	0.0311	0.0017	0.0294	1.0
	MgO + KCl	0.0311	0.0017	0.0294	1.0
10 O. II.	MgO	0.0297	0.0008	0.0291	2.0
	MgO + KCl	0.0297	0.0008	0.0291	2.0
11 R. 3.4. . . .	MgO	0.0308	0.0023	0.0285	4.0
	MgO + KCl	0.0308	0.0023	0.0285	4.0
12 B. 11.12 . . .	MgO	0.0330	0.0039	0.0291	2.0
	MgO + KCl	0.0330	0.0039	0.0291	2.0
13 Halle-Gimritz .	MgO	0.0277	0.0017	0.0260	12.5
	MgO + KCl	0.0277	0.0017	0.0260	12.5
Gawsscher Zeolith .	MgO	0.0255	0.0000	0.0255	14.1
	MgO + KCl	0.0299	0.0000	0.0299	0.0
Neuer Zeolith . .	MgO	0.0238	0.0000	0.0238	19.9
	MgO + KCl	0.0299	0.0000	0.0299	0.0

Es fragte sich nun, ob dieser Unterschied bei stark sorbierendem Boden auch für längere Zeit gefunden werden konnte. Dieser Versuch greift zwar die in der zweiten Abteilung zu be-

sprechenden Untersuchungen mit ein, soll aber doch hier schon angeführt werden. Es handelte sich darum, eine Bestimmungsmethode zu finden, die für jeden Boden sicher den vorhandenen Ammonstickstoff anzeigt.

Der Versuch ging in grossen glasierten Tonvegetationsgefässen vor sich, welche je 6 kg trocknen Boden erhielten. Als Stickstoffquelle wurde Ammonsulfat benutzt, und zwar 14.25 g gleich 3 g Stickstoff. Geprüft wurde Lauchstedter Lösslehm Boden bei 16 % Feuchtigkeit und Gimritzer Tonboden mit 18 % Wasser. Untersucht wurden je 20 g Boden mit Magnesiumoxyd, sowie Magnesiumoxyd + Kaliumchlorid durch direkte Destillation bis zur Trockne. Ferner wurden je 50 g Boden mit 50 ccm 25 % Salzsäure 18 Stunden in der Kälte unter wiederholtem Umschütteln behandelt, auf 250 ccm + Volumen des Bodens aufgefüllt, nach Durchschütteln filtriert. Davon kamen 100 ccm = 20 g Boden mit Natronlauge zur Destillation. Ähnlich die Phosphorsäuremethode. 50 g Erde wurden mit 50 ccm 25 % Orthophosphorsäure 18 Stunden in der Kälte stehen gelassen, dann 15 Minuten gekocht und nach dem Erkalten usf. filtriert. Zur Bestimmung kamen 100 ccm Lösung.

(Siehe die Tabelle 8 auf S. 166.)

Es stellte sich nun heraus, dass zwischen den MgO- und MgO + KCl-Bestimmungen nie ein Unterschied hervortrat. Die Säuremethoden erbrachten erst nach wochenlanger Sorption eine sichtbare günstige Differenz gegen die Magnesiamethode. Wenn bei den Versuchen der II. Abteilung der Gimritzer Tonboden einen grösseren Unterschied zwischen dem durch Magnesiadestillation und dem durch Behandlung mit Säure gefundenen Stickstoff zeigte, so beruht dies vermutlich an den verschieden gelagerten Erden. Der für die weiteren Versuche benutzte Tonboden lag mehrere Monate vor Benutzung ziemlich trocken auf dem Boden des Institutes, während der für die vorhergehende Beobachtung gebrauchte Boden mehrere Jahre im Freien in Holzkästen lagerte. Beide Mengen stammen von einer Ausgrabung des Feldes. Aber es ist doch möglich, dass die verschiedene Lagerung einen Einfluss auf die Eigenschaften ausübte. Ein Auswaschen wird weniger in Frage kommen, da spätere Versuche einen solchen Einfluss verneinen.

Tabelle 8.

Unter- sucht nach Tagen	Entbindung des Stickstoffs durch	Ammon- sulfat zusatz	Gefundener Stickstoff				
			pro Topf g	Abzüglich des Ammon- stickstoffs des Bodens	Wieder- gefundener N %		
Lehmboden.							
3	} MgO sowohl wie MgO + KCl	{	ohne	0.075	—	84	
			mit	2.595	2.520		
12			ohne	0.055	—		83
			mit	2.536	2.481		
34	{	{	ohne	0.000	—	54	
			mit	1.724	1.724		
3	} HCl	{	ohne	0.075	—	87	
			mit	2.675	2.600		
12			ohne	0.128	—		81
			mit	2.547	2.419		
34	{	{	ohne	0.109	—	62	
			mit	1.957	1.848		
3	} H ₃ PO ₄	{	ohne	0.206	—	89	
			mit	2.862	2.656		
12			ohne	0.280	—		81
			mit	2.705	2.425		
34	{	{	ohne	0.362	—	65	
			mit	2.300	1.938		
Tonboden.							
3	} MgO sowohl wie MgO + KCl	{	ohne	0.059	—	75	
			mit	2.324	2.265		
12			ohne	0.058	—		67
			mit	2.069	2.011		
34	{	{	ohne	0.014	—	5	
			mit	0.167	0.153		
3	} HCl	{	ohne	0.097	—	76	
			mit	2.377	2.280		
12			ohne	0.172	—		63
			mit	2.064	1.892		
34	{	{	ohne	0.208	—	15	
			mit	0.664	0.456		
3	} H ₃ PO ₄	{	ohne	0.273	—	75	
			mit	2.508	2.235		
12			ohne	0.247	—		63
			mit	2.139	1.892		
34	{	{	ohne	0.420	—	14	
			mit	0.835	0.415		

Der Versuch selbst zeigt wieder, wie bedeutend schneller der Tonboden bei genügender Feuchtigkeit das Ammonsulfat zersetzt als der humose Lösslehm Boden.

Sorbieren also Böden ähnlich den Zeolithen, so zeigen sich doch auch wieder Unterschiede in der Bindungsfähigkeit. Während zudem das Permutit sich in Salzsäure löst, war durch 30 % Salzsäure aus stark sorbierendem Boden oft keine Kieselsäure zu gewinnen.

II. Ammonbestimmung im Boden.

Es hatte sich also gezeigt, dass aus dem künstlichen GANSschen Zeolith die Ammonbase durch Kochen mit Magnesiumoxyd und Kaliumchlorid zu entfernen war. Hier noch zwei Belege.

2.5 g Permutit wurden mit 25 g gewaschenem Sand und 10 ccm Ammonsulfatlösung gemischt und wirkten zwanzig Stunden aufeinander. Die Untersuchung zeigte:

Destilliert mit	Sand ohne Zeolith g N	Sand + Zeolith g N
MgO	0.009 23	0.008 75
MgO + KCl	0.009 23	0.009 23
MgO + KCl + 1 ccm KOH	0.009 23	0.009 23

Eine Destillation von 0.5 g Ammonzeolith ergab:

Destilliert mit	MgO	MgO + KCl	MgO + KCl + 1 ccm KOH	50 ccm NaOH
Gramm Stickstoff	0.014 42	0.015 39	0.015 44	0.015 50

Bei der Destillation mit Natronlauge wurde die Flüssigkeit mit destilliertem Wasser auf 200 ccm gebracht, dazu die Lauge, dann 20 Minuten scharf destilliert. Die etwas höhere Zahl kann durch übergerissene Lauge bedingt sein.

Es trat nun die Frage auf, ob durch die kombinierte Magnesiadestillation auch aus Erde alles Ammoniak entfernt werden konnte, also dem Zeolith ähnliche Substanzen die Sorption hervorriefen.

Zu 25 g Lauchstedter Lösslehm wurden im Stickstoffkolben 15 ccm Ammonsulfatlösung gegeben und die Masse nach 24 Stunden destilliert. Bei Gegenwart von Kalilauge wurde der Inhalt auf 200 ccm aufgefüllt und 100 ccm davon abdestilliert. Kaliumchlorid wurde erst vor der Destillation hinzugefügt.

Destilliert mit	MgO	MgO + 1 ccm KOH
Ammonsulfat allein	0.015 66	0.015 66
Erde	0.000 00	0.000 00
Erde + Ammonsulfat	0.014 90	0.014 58
Erde + KCl	0.000 11	0.000 91
Erde + Ammonsulfat + KCl	0.014 90	0.014 90

Im günstigsten Falle wurden 95.7 % des Ammonstickstoffs wiedergefunden. Vielleicht hatte das Kaliumchlorid längere Zeit auf die Erde wirken müssen. Auch konnte ein Kalkzusatz die Umsetzung befördern. Es wurden je 25 g Lauchstedter Erde mit bestimmten Zugaben gemischt, nach 24 Stunden vor der Destillation weitere Substanzen hinzugefügt. Die Destillation erfolgte bis zur Trockne. Das Calciumchlorid veranlasste ein äusserst heftiges Schäumen trotz Gegenwart von Glasperlen und Paraffin. Salzzugabe ca. 5 g.

Sofort zur Erde gegeben	Vor Destillation hinzugefügt	Wiedergefundener Stickstoff	
		g	%
—	MgO	0.000 00	
Ammonsulfat	MgO	0.014 80	95.2
KCl	MgO	0.000 11	
Ammonsulfat + KCl	MgO	0.015 17	96.8
CaCl ₂	MgO	0.000 00	
Ammonsulfat + CaCl ₂	MgO	0.015 07	97.0
—	MgO + KCl	0.000 11	
Ammonsulfat	MgO + KCl	0.014 80	94.5
—	MgO + CaCl ₂	0.000 06	
Ammonsulfat	MgO + CaCl ₂	0.014 90	95.4
Ammonsulfat ohne Erde	MgO	0.015 55	

Kaliumchlorid und Calciumchlorid ergaben sofort zugegeben, also bei vierundzwanzigstündigem Wirken ein etwas günstigeres Resultat. Immerhin verblieb noch ein kleiner Prozentsatz als unbestimmbar zurück. Hier tritt also wieder ein Unterschied zwischen Boden und Permutit auf.

Vielleicht brachten andere Zusätze zum Magnesiumoxyd bessere Ergebnisse. Doch vergebens. Nur ein Versuch sei noch angeführt. Auf 25 g Lauchstedter Erde wirkten 15 Stunden eine Ammonsulfatlösung. Dann wurde wie gewöhnlich, nach Zugabe von Wasser bis zu ca. 100 ccm, bis zur Trockne destilliert.

Destilliert mit	Ohne Ammon	+ Ammonsulfat	Ammonstickstoff wiedergefunden
MgO	0.000 00	0.014 36	0.014 36
MgO + 0.05 g BaOH .	0.000 05	0.014 36	0.014 31
MgO + 0.1 g BaOH .	0.000 11	0.014 31	0.014 20
" + 0.2 " " .	0.000 16	0.014 31	0.014 15
" + 0.5 " " .	0.000 43	0.014 74	0.014 31
" + 1.0 " " .	0.000 59	0.015 28	0.014 69
Ammonsulfat ohne Erde	—	0.015 28	0.015 28

Deutlich tritt hervor, dass mit steigendem Bariumhydroxyd-zusatz auch die Ammonabspaltung aus dem Erdboden zunimmt. Trotzdem trat keine Lösung des zugesetzten Ammonstickstoffs ein. Diese Art Untersuchungen wurden nach verschiedenen Richtungen hin vorgenommen. Verwendet wurden CaO, CaCO₃, BaOH, BaCO₃, StrO, StrCO₃, NaOH mit und ohne MgO, KCl, K₂SO₄ usw. Nirgends ein brauchbares Ergebnis. Entweder konnte der Ammoniakstickstoff nicht genügend nachgewiesen werden, oder, geschah es, wurden zuviel Stickstoffsubstanzen im Boden zersetzt. Es sei hier die Destillation einiger organischer Substanzen angeführt.

	Abgespaltener Stickstoff
0.5 g Asparagin	0.000 00
0.5 " Asparagin + BaOH Wasser . .	0.024 00
0.5 " Casein	0.000 00
0.5 " Casein + BaOH Wasser . . .	0.009 02
0.5 " Pepton	0.000 22
0.5 " Pepton + BaOH Wasser . . .	0.005 24

Die stark alkalischen Substanzen sind also unbrauchbar. Vielleicht liess sich durch Vermehrung des anderen basischen Teils des Permutites das Ammoniak lockern. Zur Verwendung kam frisch dargestelltes, mehrere Tage in fliessendem Wasser

gewaschenes Aluminiumhydroxyd. Ammonsulfat wirkte 24 Stunden auf 25 g Gimritzer Tonboden, dann wurde die ganze Masse unter Zugabe der bestimmten Substanzen bis zur Trockne destilliert.

Destilliert mit	Ohne Ammon g N	Mit Ammon g N
Ammonsulfat allein (ohne Boden)	—	0.015 23
Ammonsulfat allein + $\text{Al}_2(\text{OH})_6 + \text{MgO} + \text{KCl}$	—	0.015 23
Aluminiumhydrat	0.000 00	0.010 80
" + KCl	0.000 00	0.011 88
" + MgO	0.000 32	0.012 96
" + $\text{MgO} + \text{KCl}$	0.000 32	0.013 07

Ebensowenig führten Zusätze von Alaun mit einem basischen Körper zum Ziel. Es reagierte Ammonsulfat 24 Stunden auf 25 g Gimritzer Boden. Daraufhin die gewünschte Bestimmung.

Destillation mit	Ohne Ammon g N	Mit Ammon g N	Abzüglich blinder Bestimmung g N
Ammonsulfat allein	—	0.017 17	0.017 17
$\text{BaCO}_3 + \text{Kaliumalaun}$	0.000 11	0.016 41	0.016 30
$\text{BaCO}_3 + \text{Kaliumalaun} + \text{K}_2\text{SO}_4$	0.001 24	0.017 17	0.015 93
$\text{BaOH} + \text{Kaliumalaun}$	0.000 16	0.015 55	0.015 39
$\text{BaOH} + \text{Kaliumalaun} + \text{K}_2\text{SO}_4$	0.000 70	0.016 41	0.015 71
$\text{CaO} + \text{Kaliumalaun}$	0.000 43	0.016 09	0.015 66
$\text{CaO} + \text{Kaliumalaun} + \text{K}_2\text{SO}_4$	0.000 43	0.016 25	0.015 82

Ein weiterer Versuch mit Gimritzer Boden zeitigte ebenfalls kein brauchbares Ergebnis.

Ammon- sulfat	Nach 24 Stunden hinzugefügt	Nach 24 Stunden hinzugefügt	Gefundener Ammon N
Ohne	Salzsäure	$\text{MgO} + \text{KCl}$	0.000 27
Mit	Salzsäure	$\text{MgO} + \text{KCl}$	0.015 66
Mit	H_2SiO_3	$\text{MgO} + \text{KCl}$	0.016 90
Ohne	$\text{Al}_2(\text{OH})_6$	MgO	0.000 12
Mit	$\text{Al}_2(\text{OH})_6$	MgO	0.016 90
Ohne	$\text{Al}_2(\text{OH})_6 + \text{KCl}$	MgO	0.000 27
Mit	$\text{Al}_2(\text{OH})_6 + \text{KCl}$	MgO	0.017 71
Mit	$\text{Al}_2(\text{OH})_6 + \text{H}_2\text{SiO}_3$	$\text{MgO} + \text{KCl}$	0.017 28
Mit	—	MgO	0.016 63
	Ammonsulfat ohne Erde	MgO	0.019 22

Ein Versuch mit verschiedenen Mengenverhältnissen Aluminiumsulfat zu einer Base. 25 g Gimritzer Tonboden mit Ammonsulfat 24 Stunden stehen lassen, dann direkt bis zur Trockne destilliert.

Destilliert mit	Ohne Ammon- sulfat g N	Mit Ammon- sulfat g N	Abzgl. der blinden Be- stimmung g N
3 T. Aluminiumsulfat + 2 T. MgO + KCl .	0.000 11	0.010 47	0.010 36
5 " " + 3 " " + " .	0.000 22	0.011 43	0.010 21
3 " " + 5 " " + " .	0.000 32	0.011 43	0.010 11
3 " " + 5 " CaCO ₃ + KCl .	0.000 00	0.010 47	0.010 47
3 " " + 7 " " + " .	0.000 00	0.010 47	0.010 47
3 " " + 2 " CaO + KCl .	0.000 65	0.011 56	0.010 91
3 " " + 3 " " + " .	0.000 65	0.011 93	0.011 28
3 " " + 12 ccm NaOH + KCl schwach alkalisch.	0.000 49	0.011 56	0.011 07
5 T. Aluminiumsulfat + 14 ccm NaOH + KCl stark alkalisch.	0.000 49	0.011 56	0.011 07
Ammonsulfat allein + MgO		0.012 53	0.012 53

Durch eine direkte Destillation der Erde mit einer alkalischen Substanz liess sich die Ammonbase nicht entfernen, ohne dass Stickstoffkörper im Boden zersetzt wurden.

Vielleicht liesse sich das Ammon des Zeolith durch Säuren ausziehen. Tatsächlich ist dies der Fall. Auf eine bestimmte Menge Zeolith wirkte 24 Stunden eine Ammonsulfatlösung. Darauf wurde der Kolbeninhalt mit Säure 15 Minuten gekocht, auf 250 ccm aufgefüllt und filtriert. Eine Destillation einer bestimmten Flüssigkeitsmenge mit Natronlauge ergab:

2 g Permutit + 25 ccm 10 % Zitronensäure	0.012 85 g N
5 " " + 25 " 10 " "	0.012 31 " "
2 " " + 50 " 10 " "	0.012 85 " "
5 " " + 50 " 10 " "	0.012 85 " "
2 " " + 25 " 10 " Salzsäure	0.012 85 " "
5 " " + 25 " 10 " "	0.012 85 " "
Ammonsulfat allein	0.012 85 " "

Der Zeolithammoniak konnte also durch genügend Säure bestimmt werden. Wie verhielt sich nun der Erdboden. 25 g Gimritzer Tonboden wurden mit Ammonsulfat versetzt, nach

24 Stunden mit Säure 15 Minuten gekocht, nach Erkalten unter Berücksichtigung des Bodenvolumens aufgefüllt und filtriert. Ein Teil der Lösung wurde mit 50 ccm konz. Natronlauge destilliert.

	Ohne Ammon- sulfat g N	Mit Ammon- sulfat g N
Ammonsulfat allein	—	0.032 95
Erde + 50 ccm 10 % Zitronensäure + KCl	0.000 40	0.029 30
Erde + 100 ccm 10 % Zitronensäure + KCl	0.000 40	0.029 58
Geglühte Erde + 100 ccm 10 % Zitronensäure + KCl	0.000 53	0.029 30

Die zugesetzte Ammonmenge wurde also nicht wiedergefunden. Eine Nitrifikation kann in der kurzen Zeit kaum angenommen werden, da auch der geglühte Boden dieselben Verluste verursachte.

Wie verschieden sich die Böden zeigen, mag folgendes Beispiel lehren. 25 g Erde wurde teils vor, teils 16 Stunden nach Ammonsulfatzugabe mit 25 % Phosphorsäure $\frac{1}{2}$ Stunde gekocht, dann auf 250 ccm + Volumen des Bodens aufgefüllt, filtriert, davon 100 ccm destilliert.

(Siehe die obere Tabelle auf S. 173.)

Der Sandboden vermochte sämtlichen zugefügten Ammonstickstoff abzugeben, der Lössboden 97 %, der Tonboden nur 90.5 %. Genau dieselben Zahlen ergab die Zitronensäure unter denselben Verhältnissen. Bemerkenswert ist, dass hier ein Unterschied zwischen Kaliumchloridzusatz und Abwesenheit desselben eintrat.

Von den weiteren Versuchen seien nur noch zwei Vergleiche angeführt. 25 g Gimritzer Tonboden wurden nach 48stündigem Stehen mit Ammonsulfatlösung direkt mit MgO oder MgO + KCl destilliert. Das Auskochen durch Säuren geschah mit 50 g Boden. Es kamen 50 ccm 25 % Säure zur Verwendung. Die kalte Salzsäure stand 8 Stunden.

Angewandte Stickstoffmenge 0.034 02 g	Ohne KCl-Zusatz wiedergefundener Stickstoff			Mit KCl-Zusatz wiedergefundener Stickstoff		
	g N	abzüglich blinder Be- stimmung	% N	g N	abzüglich blinder Be- stimmung	% N
		g N			g N	
Gross Lübarser Sandboden						
1. Erde ohne Zusatz, mit Phosphorsäure gekocht	0.001 22	—	—	0.001 22	—	—
2. Erde + Ammonsulfat, nach 16 Stunden mit Phosphor. gekocht	0.035 51	0.034 29	100	0.035 78	0.034 56	100
3. Erde mit 15 ccm Phosphorsäure versetzt, dann Ammonsulfat, nach 16 St. mit dem Rest Phosphorsäure gekocht .	0.035 78	0.034 56	100	0.035 78	0.034 56	100
Lauchstedter Lösslehm						
Wie 1.	0.002 70	—	—	0.002 70	—	—
Wie 2.	0.034 97	0.032 27	94.9	0.035 78	0.033 08	97.4
Wie 3.	0.035 24	0.032 54	95.6	0.036 45	0.033 75	100.0
Gimritzer Tonboden						
Wie 1.	0.001 35	—	—	0.001 76	—	—
Wie 2.	0.028 76	0.027 41	80.6	0.032 54	0.030 78	90.5
Wie 3.	0.029 30	0.027 95	82.2	0.033 89	0.032 13	94.4

Angewandter Ammonstickstoff 0.025 50 g	Gefundener Stickstoff			
	ohne Ammon- zusatz	+ Ammon- zusatz	abzüglich der blinden Bestimmung	%
	g	g	g	
MgO	0.000 00	0.011 65	0.011 65	45.7
MgO + KCl	0.000 00	0.012 12	0.012 12	47.5
H ₃ PO ₄ gekocht . .	0.002 30	0.022 80	0.020 50	80.4
HCl kalt	0.000 00	0.023 10	0.023 10	90.6
HCl gekocht	0.000 00	0.022 80	0.022 80	89.4

Bemerkenswert ist hier der grosse Unterschied zwischen basischer und saurer Lösung.

Ein weiterer Versuch mit einer anderen Probe Gimritzer Tonboden. Es wurden 25 g Erde und 75 ccm 25 % Säure benutzt. Die Erde stand 48 Stunden mit Ammonsulfat, darauf wurde sie 15 Minuten mit der Säure, event. weiterem Zusatz (KCl) gekocht. Die kalte Salzsäure wirkte 72 Stunden unter häufigem

Schütteln auf den Boden. Diesmal wurde die Lösung quantitativ filtriert, der Rückstand mit heissem Wasser ausgewaschen und das Filtrat mit Natronlauge destilliert.

Angewandte Stickstoffmenge 0.057 84 g	Gefundener Stickstoff				Sorbiert %
	ohne Zusatz	+ Ammon-sulfat	Differenz		
	g	g	g	%	
H ₃ PO ₄	0.001 12	0.054 32	0.053 20	92.0	8.0
H ₃ PO ₄ + KCl	0.002 52	0.054 44	0.051 92	89.8	10.2
HCl kalt	0.002 24	0.052 36	0.050 12	86.7	13.3
HCl kalt + KCl	0.003 54	0.052 64	0.049 10	84.9	15.1
HCl heiss	0.007 00	0.056 56	0.048 56	83.6	16.4
HCl heiss + KCl	0.007 28	0.057 96	0.050 68	87.4	12.6

Die Säuren vermögen also nicht alles Ammoniak zu entfernen. Unsicher werden die Bestimmungen schon durch die starke Wirkung der Säuren auf stickstoffhaltigen Bodensubstanzen. Zu berücksichtigen ist natürlich, dass ein so stark sorbierender Boden wie dieser Gimritzer verhältnismässig wenig vorkommt. Aber aus diesem Grunde war er gerade für diese Untersuchungen geeignet. Hier die mechanische und chemische Zusammensetzung:

Abschlämbbare Teile 51.6 %, Staubsand 41.8 %, Feinsand 2.7 %, Grobsand 2.9 %, Kies 1 %.

Ein Auszug, 48 Stunden mit kalter 30 % Salzsäure unter Schütteln behandelt, ergab, berechnet auf absolut trocknen Boden

	%	Stickstoffbestimmung	
		Zu 100 g trockenem Boden	g N
Glühverlust	10.1		
Kieselsäure	0.0		
Eisenoxyd	3.3	Salpeterstickstoff	0.0016
Tonerde	2.6	Wasserlös. Ammonstickstoff	0.0000
Kalk	1.1	Ammon-N (Mg O-Destillation)	0.0007
Magnesia	1.3	Gesamt-Stickstoff	0.1722
Kali	0.4		
Phosphorsäure	0.2		

Während also besprochene Methoden allen Stickstoff aus Permutit zu lösen vermochten, geschah dies bei Erdboden nicht. Es gibt keine für alle Böden ab-

solut massgebende Ammoniakbestimmungsmethode. Am grössten ist die Differenz bei Magnesiadestillation + Kaliumchlorid. Die Sorption muss noch durch andere Körper als Zeolithe bedingt sein.

Nun könnte ein Teil des Stickstoffes verloren gegangen, denitrifiziert sein. Dem ist aber nicht so. Die Gesamtstickstoffbestimmungen zeigten, dass kein Stickstoff verloren gegangen war.

Ammonsulfat	5 g Erde ohne N-Zusatz	5 g Erde + Ammonsulfat nach 24 stündigem Stehen	5 g Erde + Ammonsulfat nach 48 stündigem Stehen
g N	g N	g N	g N
0.005 88	0.006 52	0.012 40	0.012 32
0.005 94	0.006 52	0.012 40	0.012 32
0.005 94	0.006 47	0.012 32	0.012 40
0.012 42			

Sollte der Stickstoff als Eiweiss durch Bakterien gebunden sein? Nach vorhergehendem war dies in der kurzen Zeit kaum anzunehmen. Zur Feststellung wurden 25 g Boden mit Desinfektionsmitteln versetzt oder durch Sterilisieren die Organismen abgetötet. Nach 24stündigem Stehen Boden mit H_3PO_4 + KCl 15 Minuten gekocht usf.

	Gefundener Stickstoff			
	Ohne Ammon	+ Ammon	Differenz	
	g N	g N	g N	%
Ammonsulfat	—	0.030 50	0.030 60	—
Ammonsulfat + Sand	—	0.030 90		—
Ammonsulfat + essigsäure Tonerde	—	0.030 50		—
Ammonsulfat + Formaldehyd	—	0.030 50		—
Erde 5 Stunden auf 150° erhitzt	0.001 80	0.028 80	0.027 00	88.2
Erde 15 Stunden auf 150° erhitzt	0.002 00	0.029 10	0.027 10	88.5
Erde + 5 ccm Alkohol + 5 ccm Äther	0.001 40	0.028 00	0.026 60	86.9
Erde + 10 ccm Formaldehyd	0.001 40	0.028 40	0.027 00	88.2
Erde + 10 ccm essigsäure Tonerde	0.001 00	0.028 40	0.027 40	89.5
Erde allein	0.001 40	0.028 60	0.026 80	87.5

Weder Desinfektion noch Sterilisation hatten einen Einfluss auf die Sorption des Stickstoffes ausgeübt. Es können also kein Salpeter noch organische Substanz gebildet sein. Die Ammonbase wird demnach fest gebunden.

Es fragte sich nun, welchen Einfluss die allmähliche Sterilisation auf die Sorption ausübt. 200 g Gimritzer Boden wurden im Thermostaten auf 150° C. erhitzt, nach Erkalten die verlorengegangene Wassermenge wieder hinzugefügt. Von jedem Teile wurden 50 g Erde mit Ammonsulfatlösung 48 Stunden in Verbindung gebracht, aufgefüllt, filtriert und ein Teil der Lösung mit Magnesiumoxyd destilliert.

	Gefundener Stickstoff			
	Ohne Stickstoff g N	Mit Ammonsulfat g N	Differenz g N	Sorbiert ‰
ohne Sterilisation	0.000 38	0.012 50	0.012 12	68.7
1 Stunde bei 150° sterilisiert . .	0.000 65	0.012 50	0.011 85	69.4
7 Stunden „ „ „	0.001 36	0.013 69	0.012 33	68.2
24 „ „ „ „ „	0.001 63	0.014 94	0.013 31	65.5
Ammonsulfat allein	—	0.038 68	0.038 68	—

Die Sterilisation hatte also keinen Einfluss auf die Sorptionsfähigkeit gezeigt. Man kann aber auch wohl annehmen, dass nach einem 24stündigen Erhitzen auf 150° ein grosser Teil der Adsorptionsfähigkeit verloren gegangen sein muss, denn der Tonboden verlor auch dabei seine Plastizität.

Bei einem anderen Versuche wurden frischer sowie 7 Stunden auf 145° erhitzter Boden 14 Tage mit destilliertem Wasser ausgewaschen. Die Sorptionsfähigkeit blieb sich vollkommen gleich. Selbst starke Erhitzung des Bodens hob die Bindungsfähigkeit für Ammonsalze nicht auf. 5 g verschieden behandelte Gimritzer Erde wurde 24 Stunden mit Ammonsulfatlösung versetzt, darauf der wasserlösliche Stickstoff untersucht.

(Siehe die Tabelle auf S. 177.)

Die geschmolzene Erde wurde mit Salzsäure, dann mit Natronlauge ausgekocht. Beide Lösungen zusammengegeben, neutralisiert, Niederschlag samt Erdrückstand 4 Wochen ausge-

Ammonsulfat 0.033 30 g N	Gefundener Stickstoff			
	Ohne Ammon g N	Mit Ammon g N	Differenz g N	Sorbiert %
Frische Erde	0.000 20	0.027 80	0.027 60	17.1
20 Stunden bei 150° sterilisiert	0.000 20	0.027 30	0.027 10	18.6
Geschmolzen und pulverisiert	0.000 20	0.028 90	0.028 30	15.0
Geschmolzen, Erde mit Salzsäure und Natronlauge behandelt	0.000 00	0.024 00	0.024 00	27.9

waschen und getrocknet. Hier ist die Masse der kolloidalen Substanzen sehr erhöht worden, daher die starke Steigerung der Adsorption. Später folgt noch ein ähnliches Beispiel. Selbst der geschmolzene Boden büßte hier nur einen geringen Teil seiner Sorptionskraft ein. Ein weiterer Versuch bei längerer Sorptionsdauer zeigte ein ähnliches Bild, wobei aber der geschmolzene Boden diesmal keine Bindungsfähigkeit zeigte. Auf 20 g Substanz wirkte 48 Stunden eine Ammonsulfatlösung.

Ammonsulfat gab 0.038 57 g N	Gefundener Stickstoff g	Sorbiert %
Frische Gimritzer Erde	0.018 63	51.7
Erde geröstet (schwach geglüht)	0.020 10	47.9
„ stark geglüht	0.038 57	0.0
„ geschmolzen	0.038 57	0.0
„ mit KCl und NaOH behandelt	0.029 23	24.2

Das kann wohl als sicher festgestellt werden, dass im Boden Adsorption und Absorption nebeneinander hergehen. Ein bestimmtes Verhältnis wird dabei aber nicht eintreten.

III.

Lassen sich diese sorbierenden Körper aus der Erde entfernen? Gimritzer Tonboden wurde mit Salzsäure verschieden behandelt, der Auszug mit Natronlauge neutralisiert, der Niederschlag filtriert, mit heissem Wasser bis zum Verschwinden der Chlorreaktion und neutralen Reaktion des Waschwassers ausgewaschen und bei 80° getrocknet. Ammonsulfatlösung wirkte bei der Prüfung 48 Stunden auf 2 g der erhaltenen Substanzen.

Angewandter Stickstoff 0.015 66 g:	Destilliert mit	Gefundener Stickstoff		Sorbiert %
		ohne Zusatz g	+ Ammonsulfat g	
1. Erde mit 5 % Salzsäure kalt behandelt	MgO	0.0	0.015 12	3.4
	MgO + KCl	0.0	0.015 28	2.4
2. Erde mit 5 % Salzsäure kochend ausgezogen	MgO	0.0	0.015 12	3.4
	MgO + KCl	0.0	0.015 28	2.4
3. Erde mit 5 % Salzsäure heiss, dann mit 10 % Natronlauge heiss aus- gezogen	MgO	0.0	0.015 12	3.4
	MgO + KCl	0.0	0.015 28	2.4

Die Sorption zeigte sich hier als sehr gering. Ein Zeichen, dass die sorbierende Substanz kaum zeolithartig sein kann, denn bei einer Magnesiadestillation musste die Ammonbase stärker gebunden bleiben. Andererseits wurde die geringe Sorptionskraft im Gegensatz zum Permutit durch eine Kaliumchloridzugabe zur Destillation nur wenig geschwächt.

Stärker zeigte sich dagegen die Bindung bei Bestimmung des wasserlöslichen Ammons.

Ammonsulfat = 0.023 87 g N	Gefundener N g	Sorbierter N %
Auszug 1	0.013 61	43.0
" 2	0.016 12	32.5
" 3	0.016 12	32.5

Wie verhielten sich nun die Rückstände? 25 g des verschieden ausgelaugten, ausgewaschenen neutralen Gimritzer Bodens blieben 48 Stunden mit Ammonsulfatlösung stehen und wurden dann direkt destilliert.

(Siehe die Tabelle auf S. 179.)

Es zeigte sich, dass der Boden durch das Auslaugen die feste Sorptionskraft ziemlich verloren hatte. Sie ist aber nicht entzogen, sondern zerstört. Dies darf aber vorläufig nicht zugunsten der Adsorption gedeutet werden. Während ein Unterschied zwischen dem frischen und dem mit Salzsäure und Natronlauge behandelten Boden in den Magnesia-

Ammonsulfat = 0.016 47 g N	Destilliert mit	Gefundener Stickstoff			Sorbierter Stickstoff %
		ohne Zusatz g	+ Ammon- sulfat g	Differenz g	
Frischer Gimritzer Boden	MgO	0.000 11	0.014 20	0.014 09	14.5
Mit HCl kalt ausgelaugt	"	0.000 54	0.015 82	0.015 28	7.2
" " heiss ausgelaugt	"	0.000 70	0.016 20	0.015 50	6.5
" " und Natronlauge	"				
" heiss ausgelaugt . .	"	0.000 70	0.016 96	0.016 26	1.3
Frischer Gimritzer Boden	MgO + KCl	0.000 16	0.014 20	0.014 04	14.8
Mit HCl kalt ausgelaugt	"	0.000 86	0.017 12	0.016 26	1.3
" " heiss ausgelaugt	"	0.000 86	0.017 22	0.016 36	0.7
" " und Natronlauge	"				
" heiss ausgelaugt . .	"	0.000 86	0.017 12	0.016 26	1.3

methoden nicht besteht, tritt dieser bei dem nur mit Salzsäure behandelten stark auf.

Diesen behandelten Erden konnte mit Wasser fast alle Ammonverbindungen entzogen werden, mit Ausnahme des mit Säure und Lauge versetzten Bodens.

Angewandte Stickstoffmenge 0.016 31 g	Gefundener Stickstoff	Sorbierter N
	g	%
1. Frische Erde	0.005 51	66.2
2. Mit Salzsäure kalt behandelt	0.014 92	8.5
3. " " heiss behandelt	0.014 92	8.5
4. " " und Natronlauge heiss be- handelt	0.003 94	75.8

Dies eigenartige Ergebnis gab Veranlassung zu folgender Untersuchung. Erde 4 wurde mit Ammonsulfat versetzt, ein Teil sofort mit Salzsäure angesäuert.

Ammonsulfat N = 0.013 45 g	Gefundener Stickstoff	Sorbierter
	g	%
Erde 4	0.002 97	77.9
Erde 4 + sofort Salzsäure	0.013 36	0.7
Gimritzer Tonboden frisch	0.004 51	66.5

Die mit Natronlauge behandelte Erde, welche stärker als der frische Boden sorbierte, verlor durch Ansäuern vollständig die Bindungskraft: Scheinbar wurden durch die Säure Kolloide zerstört. Selbst ein Zugeben der Säure nach 24stündiger Sorption zerstörte die Bindungsfähigkeit fast vollkommen. Ob der geringe Rest der Sorptionsfähigkeit durch einen weiteren Zusatz von Säure noch entfernt werden konnte, soll durch einen Nachtrag noch entschieden werden.

Ammonsulfat Stickstoff 0.028 89 g	Gefundener Stickstoff g	Sorbiert %
Erde 4	0.010 80	62.6
„ 4 sofort mit Salzsäure, dann Ammon- sulfat	0.028 89	0.0
Erde 4 mit Ammonsulfat nach 24 Stunden mit 5 ccm von HCl 2 Stunden kalt behandelt	0.026 73	7.5

Ein Teil der sorbierenden Substanz, welche keine Kieselsäure enthielt, ist durch Salzsäure aus dem Boden zu entfernen. Sie verlor aber die feste Bindungskraft fast vollständig. Die neutralen Bodenrückstände sorbieren ebenfalls noch gewisse Mengen Ammonbasen. Gering war diese Eigenschaft bei dem mit Salzsäure behandelten Boden, wohingegen der mit Salzsäure und Natronlauge ausgezogene stärker als die frische Erde band. Ansäuerung zerstörte jedoch die Sorptionsfähigkeit wieder.

IV. Über Zeolithe und verwandte Verbindungen.

Die Erfahrung lehrt, dass zeolithartige Substanzen durch Behandeln mit Salzen die Basen austauschen, vielleicht auch weitere Mengen davon aufnehmen können. Wie würde nun eine solche Veränderung auf die Sorptionskraft wirken? Durch Permutit wurde längere Zeit ein Chlorsalz filtriert, dann der Permutit ausgewaschen, bis das Wasser kaum eine Chlorreaktion zeigte. Nach dem Trocknen blieben 2.5 g Zeolith mit einer Ammonsulfatlösung 24 Stunden in Reaktion. Auch mit Kohlensäure wurde Zeolith behandelt, den Einfluss einer etwaigen Zersetzung beobachten zu können.

Angewandter Ammonstickstoff 0.013 66 g	Destilliert mit	Ge- fundener N g	Sor- bierter N %
Zeolith	MgO	0.009 61	29.7
„ mit NaCl behandelt	„	0.013 66	0.0
„ „ CaCl ₂	„	0.013 66	0.0
„ „ „ darauf mit CO ₂ behandelt	„	0.013 66	0.0
Zeolith mit CaCl ₂ darauf mit CO ₂ behandelt, das CaCO ₃ möglichst abgeschwemmt, mit wenig Essigsäure geschüttelt, filtriert und der Niederschlag mit Wasser ausgewaschen			
Zeolith wie vor behandelt	MgO + KCl	0.011.18	18.2
		0.013 66	0.0

Eine Behandlung der Zeolithe mit Salzen hatte die festere Bindungskraft aufgehoben, ein darauffolgendes Entfernen der Basen sie wieder hergestellt. Zur festeren Sorption dürfen die Zeolithe also nicht mit Basen gesättigt sein.

Im folgenden Versuche wurde nun in den mit NaCl oder CaCl₂ behandelten, im Wasser aufgeschwemmten Zeolith Kohlensäure eingeleitet und darauf die ganze Masse mit verdünnter Essigsäure behandelt. Nach dem Filtrieren blieb der feste Rückstand 24 Stunden mit einer Ammonsulfatlösung in Berührung. Eine Magnesiadestillation des Filtrates ergab:

Angewandter Ammonstickstoff 0.012 14 g	Gefundener Stickstoff g	Sorbierter Stickstoff %
Zeolith + NaCl	0.012 14	0.0
„ + „ + CO ₂ + Essigsäure	0.012 14	0.0
„ + CaCl ₂	0.011 45	5.7
„ + „ + CO ₂ + Essigsäure	0.005 94	51.1

Da das kohlensaure Natrium löslich ist, trat keine Ausfällung ein, der Zeolith wurde nicht zersetzt. Anders bei dem wasserunlöslichen kohlensauren Kalk. Nur der zersetzte Permutit sorbierte stark. Weitere Versuche ergaben dieselben Resultate.

Versuche mit Ton versagten vollständig. Weder Auszüge mit Salzsäure, Natronlauge, noch Zersetzungen, oder Behandeln mit Kieselsäurehydrat usw. gaben eine beachtenswerte Sorption.

Wie würden sich nun Verbindungen von wässriger Kieselsäure und Aluminiumhydrat verhalten? 15 Teile feuchter Substanz oder Gemische blieben 48 Stunden mit einer Ammonsulfatlösung in Berührung, darauf wurde der wässrige Auszug mit Magnesia destilliert.

Angewandter Ammonstickstoff 0.009 88 g	Gefundener N g	Sorbierter N g
15 T. $\text{Al}_2(\text{OH})_6$	0.009 61	2.8
10 " " + 5 T. H_2SiO_3	0.008 96	9.3
5 " " + 10 " "	0.008 10	18.0
15 " H_2SiO_3	0.008 75	11.4

Dieser Versuch deutet schon auf das günstige Verhältnis des Überschusses der Kieselsäure gegen das Aluminiumhydrat hin. Da aber manche Böden keine salzsäurelösliche Kieselsäure besitzen, muss die Sorptionskraft noch von anderen Ursachen bedingt sein.

Durch direkte Magnesiadestillation liess sich aller Stickstoff entfernen.

Wie ein weiterer Alkalienzusatz wirkt, soll nachfolgende Untersuchung zeigen. Die gebildeten Substanzen blieben wieder mit Ammonsulfatlösung stehen, wurden dann mit Wasser ausgelaugt oder direkt mit Magnesia destilliert.

	Wasserlöslicher Ammon-N		Mit Magnesia direkt destilliert	
	Gefundener N g	Sorbiert %	Gefundener N g	Sorbiert %
1. 3 Mol. H_2SiO_3 + 1 Mol. $\text{Al}_2(\text{OH})_6$ kalt zusammengerieben	0.017 39	1.8	0.017 06	2.5
2. wie 1, aber gekocht	0.012 42	29.2	0.016 09	8.6
3. 3 Mol. H_2SiO_3 + 1 Mol. NaOH kalt zusammengerieben, dann 1 Mol. $\text{Al}_2(\text{OH})_6$ dazu	0.011 61	34.4	0.015 93	9.0
4. wie 3, aber stets noch gekocht	0.011 45	35.4	0.015 82	9.6
5. 1 Mol. $\text{Al}_2(\text{OH})_6$ + 1 Mol. NaOH kalt, dazu 3 Mol. H_2SiO_3	0.011 45	35.4	0.015 07	14.0
6. wie 5, doch stets gekocht	0.008 21	53.7	0.015 28	12.7
Ammonsulfat allein	0.017 71	—	0.017 50	—

Die Substanzen 1, 5 u. 6 filtrierten gut, 2 schlecht, 3 langsam, 4 sehr langsam. Das Ergebnis zeigt also, dass die Bindung der Alkalien an das Aluminium eine bessere Sorptionswirkung hervorruft als die Bindung an die Kieselsäure. Es ist wohl anzunehmen, dass diese konstitutionelle Sorptionskraft nicht auf Adsorption, sondern auf chemischer Bindungsfähigkeit beruht.

Ein weiterer Versuch soll zeigen, dass die Konstitution, nach der Ansicht von R. GANS, tatsächlich von Einfluss ist. Es wurden zuerst die in der Tabelle angegebenen Mol. a u. b zusammengegeben, event. gekocht, dann c dazu, wo nötig wieder gekocht, event. filtriert und der Rückstand benutzt. Auf die gewonnenen Körper wirkte 12 Stunden eine Ammonsulfatlösung. Daraufhin wurde mit Wasser ausgeschüttelt, filtriert und ein bestimmter Teil destilliert.

Ammonsulfat Stickstoff = 0.0524 g			Substanzen nicht filtriert		Substanzen filtriert	
			Sorbierter Stickstoff			
			g	%	g	%
a	b	c	Gemische kalt behandelt			
3 H ₂ SiO ₃ + 1 Al ₂ (OH) ₆			0.0136	25.9	0.0155	29.6
3 " + 2 "			0.0136	25.9	0.0163	31.1
3 " + 1 " + 1 NaOH			0.0136	25.9	0.0195	37.2
3 " + 1 " + 2 "			0.0065	12.4	0.0133	25.4
3 " + 2 " + 1 "			0.0157	30.0	0.0204	38.9
3 " + 2 " + 2 "			0.0114	21.8	0.0163	31.1
			Gemische heiss behandelt			
3 H ₂ SiO ₃ + 1 Al ₂ (OH) ₆			0.0160	30.5	0.0155	29.6
3 " + 2 "			0.0163	31.1	0.0149	28.4
3 " + 1 " + 1 NaOH			0.0155	29.6	0.0190	36.2
3 " + 1 " + 2 "			0.0087	16.6	0.0190	36.2
3 " + 2 " + 1 "			0.0179	34.1	0.0252	48.1
3 " + 2 " + 2 "			0.0141	26.8	0.0252	48.1
3 " + 1 NaOH + 1 Al ₂ (OH) ₆					0.0103	19.7
3 " + 1 " + 2 "					0.0124	23.7
3 " + 2 " + 1 "					0.0054	10.3
3 " + 2 " + 2 "					0.0092	17.4

Die grösste bindende Kraft zeigte der Körper, bei dem das Natrium nicht an die Kieselsäure, sondern an das Aluminiumhydrat gebunden ist. Hier wirkte das Verhältnis 3:2:2 am günstigsten. Die Beeinflussung dieser Bindungskraft wird man

wohl mehr der Absorption statt der Adsorption zuschreiben müssen.

Noch eine Bestätigung der Konstitutionsverhältnisse. Der Versuch wurde wie der vorhergehende angelegt. Die Substanzen gekocht, filtriert, mit Wasser ausgewaschen und weiter verarbeitet.

a	b	c	Wasserlöslicher Ammon-N		Direkte Mg O-Destillation	
			Ge-fundener N	Sor-bierter N %	Ge-fundener N	Sor-bierter N %
			g	N %	g	N %
1 H_2SiO_3 + 1 $\text{Al}_2(\text{OH})_6$ + 1 NaOH			0.006 64	26.4	0.017 17	6.5
1 " + 1 NaOH + 1 $\text{Al}_2(\text{OH})_6$			0.007 99	11.4	0.017 76	2.1
Ammonsulfat allein			0.009 02	—	0.018 14	—

Wieder zeigt sich, dass die Bindung der Alkalien an das Aluminiumhydrat die günstigsten Sorptionsverhältnisse hervorruft. Die Mengenverhältnisse betreffend, bietet nicht das von GANS gewünschte von 3:1:1 die vorteilhafteste Bindungsfähigkeit, sondern, natürlich vorläufig nur bei dieser Art Versuche, 1:1:1, wie nachfolgende Beobachtung zeigt. Die gekochten Körpermischungen wurden filtriert, ausgewaschen und bei 70° getrocknet. Auf je 2 g Substanz wirkte 12 Stunden eine Ammonsulfatlösung.

Angewandter Ammonsulfat-N = 0.017 82 g	Gefundener wasser-löslicher Ammon-N in Gramm	Sorbierter N %
3 H_2SiO_3 + 1 $\text{Al}_2(\text{OH})_6$ + 1 NaOH . .	0.009 72	45.5
3 " + 2 " + 1 " . .	0.009 23	48.2
3 " + 3 " + 3 " . .	0.007 21	59.6

Leider mussten hiermit alle diese interessanten Versuche abgebrochen werden, ohne ein abschliessendes Resultat erbracht zu haben. Man kann nur sagen, dass sich ein Tonboden in Betrachtung der Sorption von Ammonsalzen ähnlich verhält wie ein Sandboden bei Gegenwart von Zeolith. Wenn aber auch einige Eigenschaften sich dem entsprechend verhalten, zeigen sich andere doch wieder

recht verschieden, so dass die Sorptionsfähigkeit der Böden zum Teil auf nichtzeolithartigen Substanzen resp. dem Bodenzustande zu beruhen scheint.

Nachtrag.

Es hatte sich gezeigt, dass Tonboden durch Behandeln mit Salzsäure seine Sorptionsfähigkeit fast ganz verlor. Würde nun ein stärkeres Eingreifen der Salzsäure die Bindungsfähigkeit ganz entfernen? Gimritzer Tonboden wurde mit 30 % iger Salzsäure längere Zeit auf kochendem Wasserbade erhitzt, filtriert und ausgewaschen. Eine andere Bodenmenge wurde nach der Säurebehandlung noch in selbiger Art mit Natronlauge ausgezogen, ausgewaschen und getrocknet.

A. Die Bodenrückstände.

Wie verhielten sich nun diese Bodenrückstände der Ammoniaksalzbindung gegenüber? Auf je 20 g Boden wirkte 24 Stunden Ammonsulfatlösung. Die Untersuchung ergab:

Wasserlöslicher Ammonstickstoff.

Der mit Salzsäure behandelte Boden hatte die Sorptionskraft ganz verloren, die darauffolgende Behandlung mit Natronlauge sie fast vollständig wiederhergestellt.

Angewandter Ammon-N = 0.0697 g		Gefundener Ammon-N g	Sorbiert %
Gimritzer Boden	.	0.0446	36.0
" "	+ HCl	0.0697	0.0
" "	+ " + NaOH . . .	0.0483	30.7

Eine festere Bindung fand dagegen nicht statt, da bereits durch eine Magnesiadestillation bei beiden Bodenbehandlungsarten der Ammonstickstoff vollständig entfernt wurde.

(Siehe die Tabelle auf S. 186.)

Würde sich nun die Bindungsfähigkeit durch eine Reaktionsverschiebung abermals ändern? Wie erwartet, ging die schwache Sorptionskraft durch neuerliche Zugabe von Salzsäure wieder vollständig verloren. Es wurde also in der wässrigen Lösung

Zugesetzter Ammon-N = 0.0717 g	Destilliert mit	Gefundener N		Differenz	Sorbiert %
		blinde Be- stimmung g	+ Ammon- salz g		
Gimritzer Boden	MgO	0.0000	0.0684	0.0684	4.6
" " + HCl	"	0.0033	0.0751	0.0718	0.0
" " + " + NaOH	"	0.0000	0.0717	0.0717	0.0
Gimritzer Boden	MgO + KCl	0.0000	0.0684	0.0684	4.6
" " + HCl	"	0.0033	0.0751	0.0718	0.0
" " + " + NaOH	"	0.0000	0.0717	0.0717	0.0

sämtlicher Ammonstickstoff gefunden. Umgekehrt sorbierte der mit Salzsäure behandelte bindungsunfähige Boden durch Zugabe von verdünnter Natronlauge ($\frac{1}{5}$ -n.) bis zur schwach alkalischen Reaktion nach dem Auswaschen mit Wasser wieder Ammonsalz, um in saurer Reaktion die Sorptionsfähigkeit abermals zu verlieren.

Wasserlöslicher Ammonstickstoff.

Zugesetzter Ammon-N = 0.0823 g	Zugegeben		Gefundener Ammon-N g	Sorbiert %
	sofort	nach 24 Stunden		
Tonboden mit HCl + NaOH behandelt . . .	—	—	0.0594	27.8
" " " " " " . . .	HCl kalt	—	0.0823	0.0
" " " " " " . . .	—	HCl 2 Stunden kalt	0.0823	0.0
" " " " " " . . .	—	mit HCl $\frac{1}{5}$ Stunde geköcht . . .	0.0823	0.0
" " HCl behandelt	—	—	0.0823	0.0
" " wie vor, schwach alkalisch gemacht	—	—	0.0684	16.9
" " " " " " " . . .	HCl kalt	—	0.0823	0.0
" " " " " " " . . .	—	mit HCl $\frac{1}{5}$ Stunde geköcht . . .	0.0823	0.0

Die Bindungsfähigkeit für Ammonsalze steht also mit der nicht sauren Reaktion des Bodens und einem gewissen kolloidalen Zustande in enger Verbindung.

Es mag noch bemerkt werden, dass durch Behandlung mit Natronlauge die Humusstoffe in Lösung gingen und der Boden hellgraues Aussehen erhielt.

Sollte nun ein Unterschied in der chemischen Analyse der beiden Erden zu finden sein? Je 150 g Boden wurden mit 500 ccm 30 % Salzsäure 3 Stunden in kochendem Wasserbade erhitzt, der Salzsäureauszug untersucht. Auf 100 g bei 100–102° C. getrockneter Boden kamen:

	Saurer Boden	Alkalischer Boden
	g	g
Glühverlust.	5.67	5.88
SiO ₂	0.07	0.06
Eisenoxyd	0.48	1.35
Tonerde	1.25	1.63
CaO	0.08	1.92
MgO	0.16	0.62

Der alkalische Boden enthält mehr lösliche Salze. Im Gehalt an Kieselsäure tritt kein Unterschied auf. Ob diese löslichen Salze von Einfluss sind, ist fraglich, da der salzsaure Boden durch verdünnte Natronlauge einen Teil der Sorptionskraft wieder erhält. Eher ist anzunehmen, dass Eisen und Tonerde im Hydroxydzustande vorhanden sind, wodurch auch die Sorption gesteigert würde.

B. Bodenauszüge.

Zur Verwendung kamen die bei der Herstellung der Bodenrückstände erhaltenen Auszüge. Die salzsaure Lösung der ersten Bodenmasse wurde nach dem Filtrieren mit Natronlauge neutralisiert, die beiden Auszüge der zweiten Probe, der salzsaure und alkalische, nach Vereinigung. Die ausgeschiedenen Niederschläge wurden filtriert und mit destilliertem Wasser ausgewaschen, bis keine Chlorreaktion mehr im Filtrat nachzuweisen war. Nach dem Trocknen bei 80° C. lagerten die Substanzen noch einige Tage an der Luft.

Je 2.5 g Trockensubstanz der beiden Körper, sowie des Zeoliths blieben 24 Stunden mit Ammonsulfatlösung in Berührung.

Wasserlöslicher Stickstoff.

Zugesetzter Ammonstickstoff 0.0720 g	Gefundener Stickstoff g	Sorbiert %
Zeolith	0.0525	28.0
Saurer Auszug-Substanz	0.0697	3.2
Saurer und alkalischer Auszug-Substanz .	0.0655	9.1

Die Substanzen selbst enthielten keinen Stickstoff.

Die Auszugsniederschläge sorbierten im Verhältnis zum Zeolith nur gering. Wieder trat wie bei den Bodenrückständen die Erscheinung auf, dass die ausgefällten Körper des sauren Auszugs weniger Ammonsalz festhielten als die der sauren und alkalischen Extraktion.

Eine festere Bindung trat so gut wie nicht ein.

Zugesetzter Ammonsulfat-N 0.0975 g	Mit MgO destilliert		Mit MgO + KCl destilliert	
	Ge- fundener Stickstoff g	Sor- bierter Stickstoff %	Ge- fundener Stickstoff g	Sor- bierter Stickstoff %
Zeolith	0.0700	12.0	0.0795	0.0
Saurer Auszug-Substanz	0.0792	0.4	0.0792	0.4
Saurer u. alk. Auszug-Substanz .	0.0789	0.8	0.0795	0.0

Bei diesen aus Tonboden gewonnenen Körpern machte sich in der chemischen Zusammensetzung ein Unterschied bemerkbar. Während der Säureauszug mehr Eisen und Aluminium enthielt, wurden durch Natronlauge noch Kieselsäure und Kalk gelöst.
100 g bei 100—102° C. getrocknete Substanz enthielten:

	Saurer Auszug	Saurer und alk. Auszug
Glühverlust	27.7	27.5
SiO ₂	1.3	14.6
FeO ₂	27.2	20.6
AlO ₃	30.0	12.8
CaO	6.5	16.4
MgO	6.0	7.3
Farbe	dunkelrot- braun	hellgelb- braun

Dass die Konzentration der Ammonsulfatlösung bei der Sorption auf alle drei Körper ihren Einfluss ausübt, zeigt folgender Versuch.

5 g Substanz blieb 36 Stunden mit Ammonsulfatlösung in Berührung. Nach Auffüllen, Filtrieren wurde der wasserlösliche Ammonstickstoff bestimmt.

Zugegebener Ammonsulfat-N = 0.0818 g in	25 ccm Lösung		100 ccm Lösung	
	Ge- fundener Stickstoff	Sorbiert	Ge- fundener Stickstoff	Sorbiert
	g	%	g	%
Zeolith	0.0204	75.0	0.0357	43.6
Saurer Auszug-Niederschlag . . .	0.0739	9.7	0.0762	6.9
Saurer u. alk. Auszug-Niederschlag	0.0648	20.8	0.0698	14.6

Deutlich ist zu erkennen, dass sowohl Zeolith wie die Substanzen der Erdauszüge aus konzentrierten Lösungen stärker sorbieren als aus verdünnten, die des salzsauren Auszugs wieder am schwächsten.

Die Verwendung von Titantrichlorid in der analytischen Praxis.

1. Bemerkungen zur Methodik des Titrierverfahrens. 2. Zur Untersuchung von Kupfervitriol (2. Mitteilung). 3. Bestimmung des bei Zuckerbestimmungen mit FÄHLING'scher Lösung ausgeschiedenen Kupfers. 4. Bestimmung von Eisenoxyd neben Eisenoxydul; Untersuchung von Eisenvitriolen des Handels. 5. Bestimmung von Wasserstoffsuperoxyd. 6. Zusammenfassung und kurze Beschreibung der Arbeitsweise.

Von

F. MACH und P. LEDERLE.

(Mit 2 Textabbildungen.)

1. Bemerkungen zur Methodik des Titrierverfahrens.

Die sehr befriedigenden Erfahrungen, die bei der Kupferbestimmung in Kupfervitriolen des Handels mit dem etwas abgeänderten Verfahren von RHEAD-MOSER von uns gemacht wurden,¹⁾ haben uns veranlasst, das Titrierverfahren mit Titantrichlorid möglichst zu vervollkommen und seine Brauchbarkeit für weitere analytische Zwecke zu prüfen. Wir haben uns dabei überzeugt, dass man es hier mit einer Methode zu tun hat, die nicht nur durchaus exakte Ergebnisse liefert, sondern auch vielseitiger Anwendung fähig ist. Dabei sind die im nachstehenden geschilderten Verwendungsmöglichkeiten keineswegs vollständig; es ist vielmehr ziemlich sicher, dass das Titantrichlorid noch zu manchen anderen quantitativen Bestimmungen benutzt werden kann.²⁾ Wir hoffen darüber später berichten

¹⁾ Diese Zeitschrift 1914, Bd. 84, S. 129—143.

²⁾ So hat es uns inzwischen auch bei der Bestimmung des Kupfergehaltes in Kupferoxydammoniak, das wir zur Zeit bei noch nicht abgeschlossenen Untersuchungen benutzen, vorzügliche Dienste geleistet.

zu können, betonen aber, dass wir uns dieses Arbeitsgebiet nicht vorbehalten wollen, sondern es begrüßen werden, wenn die Prüfung der Methode auch von anderer Seite in die Hand genommen wird.

Für das Titrierverfahren selbst haben sich folgende Abänderungen als zweckmässig erwiesen.

Anstelle der früher benutzten annähernd $\frac{1}{10}$ -normalen Titantrichloridlösung verwendet man besser eine ungefähr $\frac{1}{15}$ -normale Lösung, von der 1 ccm 4 bis 5 mg Cu entspricht. Man muss zu ihrer Herstellung rund 75 ccm der käuflichen 15 %igen Lösung auf 1 l verdünnen. Man erreicht durch die grössere Verdünnung, dass die Titrierflüssigkeit weniger stark gefärbt ist, so dass das Ablesen in der Bürette leichter und genauer wird. Auch kann man alsdann ohne irgendwelche Schwierigkeit bei Licht (Gasglühlicht)¹⁾ titrieren.

Das Kochen der zu titrierenden Flüssigkeit mit Salzsäure vom spez. Gewicht 1.19 zum Austreiben des Luftsauerstoffes ist wegen der dabei entweichenden HCl-Dämpfe lästig. Ein Ersatz der konzentrierten Salzsäure durch Schwefelsäure bewährte sich nicht besonders. Die Titration ist zwar ausführbar, doch tritt der Umschlag zu unvermittelt ein, so dass man leicht übertitriert und daher auch weniger scharfe Ergebnisse erzielt. Dagegen kann man, ohne dass sich die beim Titrieren erhaltenen Werte ändern oder der Umschlag weniger scharf wird, eine Salzsäure verwenden, die durch Verdünnen von 250 ccm der Säure vom spez. Gew. 1.19 mit 900 ccm Wasser oder durch Auffüllen von 218 ccm derselben Säure mit Wasser auf 1 l erhalten wird. Diese Säure enthält rund 10 % HCl und hat ein spez. Gewicht von 1.05. Es ist natürlich überflüssig, bei der Verdünnung besonders sorgfältig zu verfahren, oder die zuzusetzende Menge genau abzumessen. Man gibt zu 25 ccm der zu titrierenden Flüssigkeit etwa 20 ccm der verd. Salzsäure, wirft, um das Stossen zu vermeiden, 2—3 Bimssteinstückchen hinein und kocht einige Minuten. Man darf die Flüssigkeit jedoch nicht zu weit einkochen lassen; wird die Säurekonzentration zu niedrig, so lässt sich der Endpunkt bei der Bestimmung von Kupfer nicht mehr genügend sicher erkennen. Durch ein 5 Minuten langes Kochen,

¹⁾ Die Verwendbarkeit elektrischer Beleuchtung konnte nicht geprüft werden.

das auch bei Zugabe von 5 ccm H_2O_2 genügt, wird indessen der eintretende Fehler noch nicht hervorgerufen, wenn man im Erlenmeyerkölbchen auf einer nicht zu grossen Flamme erhitzt.

Die Unbequemlichkeit der Methode, die darin besteht, dass man die zu untersuchende Flüssigkeit unter CO_2 oder einem andern indifferenten Gas abkühlen und titrieren muss, ist leicht zu beheben. Bedient man sich der in Fig. 2 schematisch dargestellten Appa-

ratur, die sich jedermann selbst herichten kann, so wird man nach ganz kurzer Übung zugeben müssen, dass das Titrieren durchaus nicht umständlicher oder zeitraubender ist, wie andere titrimetrische Bestimmungen. Wir haben zunächst erwartet, durch Anwendung einer CO_2 -Bombe, die mit Regulierventil angeschlossen wurde, Vorteile zu erzielen. Es hat sich indessen ergeben, dass das CO_2 in der

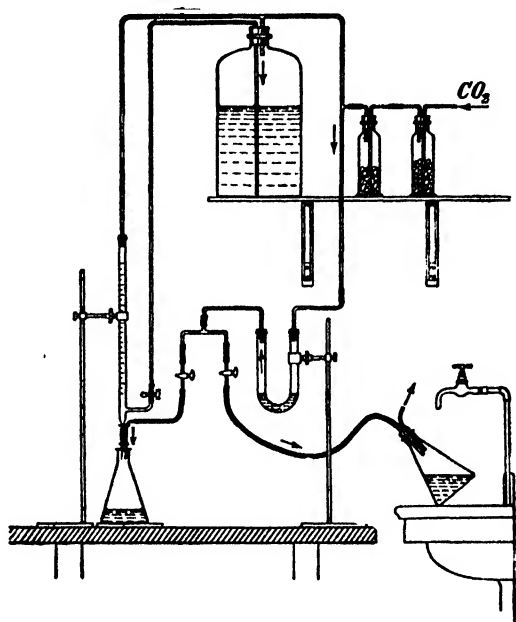


Fig. 2.

Bombe nicht sauerstofffrei war und dass daher der Titer der Titantrichloridlösung sehr unbeständig wurde. Wir bedienen uns nunmehr zweier Kippscher Apparate; der eine ist an die der Vorratsflasche vorgeschalteten Waschflaschen, der andere an das U-Rohr angeschlossen, das zu dem Titrierkölbchen führt.

Wie die Figur zeigt, stehen Vorratsflasche und Bürette unter CO_2 -Druck, der natürlich nur ganz schwach zu sein braucht, denn die Heberöhre, die aus der Vorratsflasche zur Bürette geht, füllt die Bürette auch ohne Druck. Zwischen CO_2 -Ent-

wickler und Vorratsflasche schaltet man, um die etwa noch vorhandenen Sauerstoffreste zu entfernen, zwei Waschflaschen ein, die mit verd. TiCl_3 -Lösung getränkte Bimssteinstücke enthalten. Ferner empfiehlt es sich, um die Einwirkung der Lichtstrahlen auf die TiCl_3 -Lösung zu verhüten, für die Vorratsflasche dunkles Glas zu nehmen, sie mit einer Hülle aus schwarzer oder schwarz lackierter Pappe zu umgeben und die etwa nicht gedeckten Teile, sowie das Heberrohr nach der Bürette durch schwarzen Lack für Licht undurchlässig zu machen.¹⁾ Die Kautschukverbindungen sind auf das geringste und kürzeste Maß zu beschränken und, was besonders wichtig ist, mit Paraffin sorgfältig zu dichten.²⁾

Die Abzweigung nach dem U-Rohr, die, wie schon erwähnt, durch einen 2. CO_2 -Entwicklungsapparat ersetzt werden kann, dient erstens dazu, die zu titrierende Flüssigkeit nach dem Kochen unter einer CO_2 -Atmosphäre mit Hilfe eines kalten Wasserstrahls abzukühlen und zweitens in das unter die Bürette gebrachte Kölbchen einen CO_2 -Strom zu leiten. Die Stärke des CO_2 -Stroms wird durch die Stellung der beiden Glashähne bestimmt und durch die mehr oder minder starke Bewegung der U-Rohrfüllung, für die sich verdünntes Glyzerin (1:1) gut bewährt hat, kenntlich gemacht. Das Einströmungsröhrchen ist am Schlauchstück der Bürette durch 2 dünne Kautschukringe befestigt. Ein tieferes Einbringen dieses Röhrchens in das Titrierkölbchen oder ein weiterer Verschluss sind überflüssig. Den Auslauf aus der Bürette regelt man hier besser durch ein kurzes kugeliges Glasstäbchen, das in das die Auslaufspitze tragende Schlauchstück gebracht ist.³⁾ Mit Hilfe dieses Glasstäbchens, das natürlich genau passen muss, kann man den Zufluss der Titrierflüssigkeit mindestens ebenso sicher bemessen, wie mit einem Quetschhahn, denn man hat es nach kurzer Gewöhnung völlig in der Hand, einzelne Tropfen und selbst Bruchteile eines Tropfens auslaufen zu lassen.

Bei Verwendung der beschriebenen Vorrichtungen ist es gelungen, die Beständigkeit der TiCl_3 -Lösung ganz bedeutend

¹⁾ Eine bemerkenswerte Wirkung des diffusen Tageslichts haben wir übrigens bisher nicht beobachtet.

²⁾ Das erwärmte Paraffin wird mit einem Pinsel überall gleichmässig aufgetragen.

³⁾ Diese einfache und seit langem bekannte Vorrichtung ist wohl in den meisten Laboratorien im Gebrauch.

zu erhöhen. Es musste früher mit einem ziemlich erheblichen Sinken des Titors von einem Tag zum andern gerechnet werden, so dass es, namentlich bei frischer Füllung des CO_2 -Entwicklers nötig war, den Titer vor- und nachmittags zu stellen. Nunmehr hält sich die TiCl_3 -Lösung mehrere Tage unverändert. Über die Änderung des Titors gibt die folgende Zahlenreihe Auskunft.

Datum	50 ccm $\frac{1}{100}$ -n. Kupfer- sulfatlösung verbrauchten ccm TiCl -Lösung	1 ccm TiCl_3 - Lösung entspricht daher	Zwischenzeit
4. Januar	6.30	5.0449	—
16. "	6.30	5.0449	12 Tage
20. "	6.30	5.0449	4 "
7. Februar	6.35	5.0051	18 "
20. "	6.45 ¹⁾	4.9275	13 "
28. "	6.50	4.8896	8 "
12. März	6.55	4.8523	12 "
23. "	6.55	4.8523	11 "
28. "	6.55	4.8523	5 "

Übrigens ist die Titerstellung sowohl mit einer Lösung von chemisch reinem Kupfervitriol wie mit Eisenchloridlösung so rasch und bequem auszuführen, dass diese ja auch bei anderen Titerflüssigkeiten vorkommende Veränderlichkeit ohne weiteres in den Kauf genommen werden kann, zumal man wohl meistens mehrere Bestimmungen hintereinander vornehmen wird. Schliesslich noch ein Wort über die Kosten der Methode. J. v. BERTALAN²⁾ sagt in einer Arbeit über die Bestimmung von H_2O_2 , dass Titantrichlorid wohl hierfür sehr zuverlässig zu sein scheint, dass es aber für den täglichen Gebrauch zu teuer ist. Nun kostet 1 kg 15 %ige Lösung rund 10 M. Für 1 l der Titrierlösung gebraucht man 75 ccm. Da zu einer Bestimmung selbst mit Einschluss der für die Titerstellung nötigen Menge nicht mehr als 25 ccm verbraucht werden, so betragen die Kosten annähernd 2—3 Pf.; bei Doppelbestimmungen also 4—6 Pf. Wir glauben nicht, dass man daher wegen zu hoher Kosten, denen ja bei anderen Reagentien ebenfalls Ausgaben gegenüberstehen, auf die Vorteile dieses zuverlässigen Verfahrens zu verzichten braucht.

¹⁾ Der CO_2 -Apparat musste vorher frisch gefüllt werden.

²⁾ Chem.-Ztg. 1916, Bd. 40, S. 373.

2. Zur Untersuchung von Kupfervitriol.

Unserer 1. Mitteilung über die Untersuchung von Kupfervitriolen des Handels sind noch einige nachträglich ausgeführte vergleichende Bestimmungen des Kupfers durch Elektrolyse und durch Titration mit TiCl_3 anzufügen.¹⁾ Die Bestimmungen erfolgten in der von Eisen befreiten Lösung²⁾ und unter Anwendung von 0.5 g Substanz.

J.-Nr.	Gehalt an Cu		Unterschied gegen Elektrolyse %
	elektrolytisch %	titrimetrisch %	
3912	25.53	25.51	— 0.02
Sch. 79	24.90	24.80	— 0.10
" 85	25.50	25.37	— 0.13
" 87	25.68	25.63	— 0.05
" 102	25.28	25.12	— 0.16
" 123	25.10	25.09	— 0.01

im Mittel: — 0.08

Diese geringfügigen Unterschiede in Verbindung mit unseren früheren Befunden rechtfertigen es u. E., dass die Titantrichloridmethode als ein vollwertiger Ersatz des elektrolytischen Verfahrens anerkannt wird. Es wird damit auch möglich sein, die chemische Untersuchung der Handelsvitriole zu vereinfachen und zu verbilligen, ohne die Sicherheit der Ergebnisse zu beeinträchtigen. Bei dem hohen Wert des Kupfervitriols haben die Verbraucher wie auch der reelle Handel ein erhebliches Interesse daran, den Preis nach dem wertbestimmenden Bestandteil zu regeln. Nimmt man an, dass der Preis von 100 kg des technisch reinen Vitriols nach dem Kriege wie vorher nur etwa 50 M. betragen wird³⁾ und legt man für technisch reinen Vitriol eine Gewährleistung von 99.5 % $\text{CuSO}_4 + 5\text{H}_2\text{O}$ oder 25.15 % Kupfer⁴⁾ zu Grunde, so berechnet sich schon bei einem Untergehalt von 2 % $\text{CuSO}_4 + 5\text{H}_2\text{O}$ oder 0.5 % Cu für eine Wagen-

¹⁾ a. a. O. S. 136.

²⁾ Für die Elektrolyse wurde die Salzsäure durch Eindampfen mit Schwefelsäure verjagt.

³⁾ Die hohen Kriegspreise bedingen natürlich bei Untergehalt einen weit grösseren Minderwert.

⁴⁾ Die meisten Vitriole weisen einen höheren Gehalt auf, so dass es wohl auf keine Schwierigkeiten stossen wird, diesen Wert als Grenzzahl zu benutzen.

ladung von 100 dz der erhebliche Unterwert von rund 100 M. Da bekanntlich bei Vitriolen des Handels, vor allem bei den gemahlenen, der Gehalt an Eisenvitriol recht hohe Beträge erreichen kann, und der Anreiz, derartige Erzeugnisse zu vertreiben, um so stärker ist, je grösser die Spannung zwischen dem Preis des Kupfer- und des Eisenvitriols ist, wird der Verkehr mit Kupfervitriol nur dann auf eine gesunde Grundlage gestellt werden, wenn eine bindende Gewährleistung für den Kupfergehalt eingeführt wird.

Sollte es, wie man vermutet, nach dem Kriege zu einem unter staatlicher Aufsicht stehenden Kupfersyndikat mit Monopolcharakter kommen, so wird es Sache der Landw. Interessenvertretungen sein, bei Zeiten dafür einzutreten, dass die Verkehrsbedingungen für Kupfervitriol so geregelt werden, dass die landw. Verbraucher nicht geschädigt werden. Die landw. Versuchs-Stationen aber werden dafür zu sorgen haben, dass auch diese nur scheinbar unbedeutende Frage bei der Fülle der nach dem Kriege zu lösenden Aufgaben von landwirtschaftlichem Interesse nicht übersehen wird.

Nach dieser kurzen Abschweifung mögen noch einige Umstände erörtert werden, die bei der Kupferbestimmung in Vitriolen¹⁾ beachtet zu werden verdienen.

Um das Eisen aus der Kupferlösung quantitativ zu entfernen, ist es notwendig, es in die Oxydform überzuführen, was am einfachsten durch Behandlung mit H_2O_2 in schwach ammoniakalischer Lösung geschieht. Es hat sich herausgestellt, dass auf Zusatz von Ammoniak und H_2O_2 mitunter ein starker, dunkelbrauner, kupferhaltiger Niederschlag entsteht, der schlecht filtriert und verursacht, dass der Eisenniederschlag auch bei der 2. Fällung noch etwas Kupfer einschliesst. Man kann nun die Bildung dieses Niederschlags verhindern, wenn man der wässrigen Lösung des Vitriols etwas Chlorammonium (auf 10 g Vitriol ungefähr 10 ccm einer 10 %igen Lösung) zufügt und erst hierauf mit Ammoniak und H_2O_2 ²⁾ versetzt. Der Nieder-

¹⁾ Die folgenden Ausführungen gelten z. T. auch für die Bestimmung des bei der Zuckeranalyse mit Fehling'scher Lösung abgeschiedenen Kupfers; vergl. den folgenden Abschnitt.

²⁾ Bei der Verwendung von H_2O_2 ist, wie in Abschnitt 3 näher ausgeführt ist, auf die Gegenwart von Nitraten zu achten, die eine kleine Korrektur erforderlich machen.

schlag ist dann schon bei der ersten Fällung fast frei von Kupfer, so dass die 2. Fällung des Eisenoxys mit Sicherheit als kupferfrei angesehen werden kann.

Wäre man sicher, dass das Eisen ausschliesslich in Form von Oxydul vorhanden ist, so würde man sich die Ausfällung überhaupt ersparen können; wie wir weiter unten zeigen werden, lässt sich die Oxydation von Eisenvitriol beim Auflösen hintanhalten, wenn man dem in das Lösungsgefäss gebrachten Kupfervitriol etwas Ammonsulfat zugibt.¹⁾ Man wird indessen einstweilen damit rechnen müssen, dass wenigstens ein Teil des Eisens in die Oxydform übergegangen ist; es wird sich daher bei allen etwas eisenreicheren Vitriolen empfehlen, die Entfernung des Eisens nicht zu unterlassen. Bei den hochwertigen Vitriolen aber, deren Gehalt an FeSO_4 nicht mehr als einige Zehntel v. H. beträgt, kommt man mit den angegebenen Vorsichtsmassregeln völlig aus und erhält dann für den Kupfergehalt Werte, die durchaus einwandfrei sind. Wir werden bei späteren Untersuchungen festzustellen suchen, ob es überhaupt Kupfervitriole gibt, die Eisenoxyd enthalten. Vermutlich enthalten die gut kristallisierten, rein blau gefärbten Vitriole das Eisen nur in Form von Oxydul, was natürlich die Kupferbestimmung weiter vereinfachen würde.

Ferner haben wir gefunden, dass der Umschlag bei der Titration des Kupfers mit TiCl_3 — Indikator Eisenchlorid — etwas unscharf wird, wenn die zu titrierende Kupfermenge eine gewisse Menge überschreitet. Enthält aber die zur Titration abgemessene Lösung nicht mehr als 100 mg Cu, so dass bei der oben angegebenen Stärke der Titantrichloridlösung²⁾ höchstens 25 ccm verbraucht werden, so gibt sich der Übergang von schwach rotbraun in milchweiss so genau zu erkennen, dass man bei einiger Übung sogar beurteilen kann, ob man einen ganzen oder einen halben Tropfen zuzusetzen hat, um den Endpunkt zu erreichen. Paralleltitrationen (aus derselben Lösung) liefern daher fast ohne Ausnahme genau die gleichen Werte. Die besten Ergebnisse werden bei einem Verbrauch von 5—15 ccm TiCl_3 erzielt.

¹⁾ Vergl. den Abschnitt 4.

²⁾ 1 ccm = 4—5 mg Cu.

Dies hat uns auch veranlasst, anstelle der früher verwendeten Bürette von 50 ccm Inhalt eine solche von 25 ccm¹⁾ zu benutzen, die eine innere Weite von 7.4 mm hat, so dass die Teilstriche für $\frac{1}{10}$ ccm 2.3 mm von einander entfernt sind und das scharfe Ablesen sehr erleichtert wird.

Schliesslich ist hervorzuheben, dass neutrale und saure Lösungen von Kupfervitriol merkwürdigerweise ein Schlieren der Messgefässe hervorrufen. Es ist dabei gleichgültig, ob die Lösung Salz- oder Schwefelsäure enthält. Benutzt man die gleiche Pipette einige Male nacheinander, so ist stets das Zusammenlaufen einzelner Tropfen an den Wandungen zu beobachten. Die Ursache dieser Erscheinung, die übrigens auch bei chemisch reinem Vitriol beobachtet wurde, haben wir nicht feststellen können. Man kann indessen diese Fehlerquelle, die das gerade hier erforderliche genaue Abmessen beeinträchtigt, leicht beseitigen, wenn man die Pipette mit etwas Alkohol (jedoch nicht mit Äther) ausspült, sobald sich das Schlieren bemerkbar macht.

3. Titration des bei Zuckerbestimmungen mit FEHLINGScher Lösung ausgeschiedenen Kupfers.

Die Bestimmung der Zuckerarten, bei der das durch Kochen mit FEHLINGScher Lösung ausgeschiedene Kupferoxydul entweder als Cu oder als CuO im ALLIENschen Röhrchen gewichtsanalytisch ermittelt wird, erfordert für diesen Teil des Verfahrens einen recht grossen Arbeits- und Zeitaufwand. Das Herrichten gut filtrierender Röhrchen, das Sammeln und Auswaschen des Niederschlags und die weitere Behandlung bis zur Wägung sind nicht nur recht umständlich, sondern auch nur bei sehr sorgfältigem Arbeiten fehlerlos und mit befriedigenden Ergebnissen auszuführen. Es sind daher auch zahlreiche massanalytische Methoden ausgearbeitet worden, die das gewichtsanalytische Verfahren ersetzen sollen. Sie mögen in ihren wichtigsten Grundzügen hier kurz besprochen werden.

Die von FEHLING eingeführte und von v. SOXHLET²⁾ abgeänderte Methode beruht bekanntlich darauf, dass man die auf

¹⁾ Wir verwenden eine Bürette mit SCHELLBACH-Streifen, die von der Firma WAGNER & MUNZ, München, geliefert wurde.

²⁾ Journ. f. prakt. Chemie 1880, Bd. 21, S. 227; vergl. auch J. KÖNIG: Untersuchung landwirtsch. und gewerblich wichtiger Stoffe. 4. Aufl., S. 270.

etwa 1 % eingestellte Zuckerlösung nach einigen Vorversuchen zu 50 ccm FEHLINGScher Lösung gibt, so lange kocht, als für die betreffende Zuckerart vorgeschrieben ist, und danach das mit Essigsäure angesäuerte Filtrat mit Ferrocyankalium auf Kupfer prüft. Das Verfahren wird so lange fortgesetzt, bis die zugegebene Zuckerlösung eine vollständige Reduktion der Kupferlösung ergibt. Das Verfahren hat zahlreiche Mängel, denen vor allem das unsichere Erkennen des Endpunktes, die zeitraubende Vortitration und die bei grösseren Zuckermengen und bei unreinigten Zuckerlösungen abweichenden Ergebnisse gehören. Wir halten es daher nicht für notwendig, näher hierauf einzugehen.

Zur Bestimmung des Kupfers, das in der FEHLINGSchen Lösung nach dem Kochen verbleibt, hat man besonders die Eigenschaft von Kupferoxydsalzlösungen benutzt, aus Jodkalium Jod frei zu machen. Die Reaktion beruht auf der Gleichung: $2\text{CuSO}_4 + 4\text{KJ} = 2\text{KSO}_4 + \text{Cu}_2\text{J}_2 + \text{J}_2$ und scheint zuerst von DE HAËN (LIEBIGS Annalen Bd. 91, S. 237) für die Bestimmung von Kupfer selbst angewandt worden zu sein.

K. B. LEHMANN¹⁾ und RIEGLER²⁾ versetzen die nach dem Kochen mit Zuckerlösung von ausgeschiedenem Kupfer befreite FEHLINGSche Lösung mit Schwefelsäure, geben Jodkalium und Stärkelösung zu und titrieren mit Natriumthiosulfat.

MAQUENNE³⁾ sucht das Verfahren zu vereinfachen, indem er 10 ccm FEHLINGScher Lösung und die Zuckerlösung, die weniger als 50 mg Traubenzucker enthalten muss, auf 30 ccm auffüllt, rasch zum Kochen erhitzt, 2 Minuten im Sieden erhält, nach dem Abkühlen 20 ccm H_2SO_4 von 50 Vol.-% und 10 ccm 10 %ige KJ-Lösung zusetzt und sofort mit Thiosulfat und Stärkelösung als Indikator titriert.

GARNIER⁴⁾ sucht die Methode durch genaue Einstellung der Kupferlösung zu verbessern.

¹⁾ Arch. Hyg. 1897, Bd. 30, S. 267; nach Chem. Centrbl. 1897, II, S. 203.

²⁾ Zeitschr. für anal. Chem. 1898, Bd. 37, S. 22; vergl. die Prioritätsansprüche LEHMANNs dazu: Ebenda S. 311.

³⁾ Bull. Soc. Chim. 1898 (3), Bd. 19/20, S. 921; nach Zeitschr. f. Unters. d. Nahr.- und Genussm. 1899, Bd. 2, S. 660.

⁴⁾ Journ. Pharm. Chim. 1899 (6), Bd. 9, S. 326; nach Ztschr. f. Unters. d. Nahr.- und Genussm. 1899, Bd. 2, S. 805.

Mit der Methode beschäftigten sich ferner SCHOORL,¹⁾ der ähnlich wie MAQUENNE verfährt, BARTH,²⁾ der die schwierige Erkennbarkeit des Umschlags durch Verringerung der Menge der Zuckerlösung zu umgehen sucht, und UTZ,³⁾ der es vorzieht, den Kupferniederschlag selbst nach dem Auswaschen und Lösen in verdünnter Salpetersäure mit Jod und Thiosulfat zu titrieren. HOLLAND⁴⁾ löst das auf Glaswolleasbestfilter abfiltrierte Kupferoxydul in starker Salpetersäure, dampft das Filtrat bis zum Aufhören der nitrosen Dämpfe ein und titriert nach Zusatz von 20 ccm gesättigter Zinkacetatlösung, 20 ccm KJ-Lösung (165 g in 1 l) und 60 ccm H₂O mit $\frac{1}{10}$ -n. Thiosulfat. Sehr ähnlich verfährt PETERS,⁵⁾ gibt aber kein Zinkacetat zu. SCALES⁶⁾ dagegen behandelt das in der FEHLINGSchen Lösung suspendierte Cu₂O mit Salzsäure, wobei CuCl entsteht und titriert in einem aliquoten Teil der Lösung das nach Zusatz von $\frac{1}{20}$ -n. Jodlösung verbleibende Jod mit $\frac{1}{20}$ -n. Thiosulfatlösung zurück. LINDFORS⁷⁾ fügt die abfiltrierte FEHLINGSche Lösung zu einer angesäuerten konzentrierten Jodkaliumlösung und bestimmt das ausgeschiedene Jod mit Thiosulfat.

Die Jodidmethode ist ausserdem in ihrer Anwendung auf die Bestimmung des Kupfers selbst bearbeitet worden von MOSER,⁸⁾ FERNECKES und KOCH,⁹⁾ GERLINGER,¹⁰⁾ CANTONI und

¹⁾ Zeitschr. f. angew. Ch. 1899, S. 633.

²⁾ Schweiz. Wchschr. Pharm. Bd. 37, S. 290; nach Chem. Centrbl. 1899, II, S. 455.

³⁾ Pharm.-Ztg. Bd. 45, S. 998; nach Chem. Centrbl. 1901, II, S. 277.

⁴⁾ Journ. of. Ind. and Engin. Chim. Bd. 1, S. 313; nach Chem. Centrbl. 1909, II, S. 1774.

⁵⁾ Journ. Americ. Chem. Soc. Bd. 34, S. 422; nach Chem. Centrbl. 1912, I, S. 1796 und II, S. 957.

⁶⁾ Journ. of Biol. Chem. Bd. 23, S. 81; nach Chem. Centrbl. 1916, I, S. 310.

⁷⁾ Die Deutsche Zuckerind. 1911, Bd. 36, S. 679; nach Jahresbericht f. Agrik.-Chem. 1911, S. 651.

⁸⁾ Zeitschr. f. anal. Chem. 1905, Bd. 43, S. 597; Chem.-Ztg. 1907, Bd. 31, S. 74 und Zeitschr. f. anorg. Chem. Bd. 56, S. 143; nach Chem. Centrbl. 1907, II, S. 2082.

⁹⁾ Journ. Americ. Chem. Soc. Bd. 27, S. 1224; nach Chem. Centrbl. 1905, II, S. 1693.

¹⁰⁾ Zeitschr. f. angew. Chemie Bd. 19, S. 520; nach Chem. Centrbl. 1906, I, S. 1574.

ROSENSTEIN,¹⁾ GOOCH und HEATH,²⁾ SUGIURA und KOBER,³⁾ sowie von LANDER und GEAKE.⁴⁾

Nach BENJAMIN⁵⁾ ist das Verfahren von LEHMANN für Zuckerbestimmungen im Harn sehr brauchbar. Ebenso haben RUPP und LEHMANN⁶⁾ nach geringer Abänderung der LEHMANNschen Arbeitsweise gute Ergebnisse bei Harnuntersuchungen erzielt. VON DER HEIDE⁷⁾ hat gefunden, dass der Zucker in Weinen mit bis zu 0.35 % Zucker mit Vorteil nach der von SCHOORL (siehe oben) benutzten Methode bestimmt werden kann. APPELIUS und SCHMIDT⁸⁾ wenden das Verfahren für die Zuckerbestimmung in Gerbmaterialeien an; die Brauchbarkeit wird von SCHWENK⁹⁾ und LAUFFMANN¹⁰⁾ bestätigt.¹¹⁾

Das Verhalten des Jods zu Kupferverbindungen wird noch bei einigen anderen vorgeschlagenen Methoden benutzt. So titriert ZECHINI¹²⁾ das in Form von Kupferoxyd vorhandene Kupfer nach überschüssigem Zusatz einer Lösung von 19.878 g Thiosulfat und 8 g Rhodankalium in 1 l mit Hilfe einer Lösung von 5.089 g J und 20—25 g KJ in 1 l (Indikator: Stärkelösung). Die Rhodankalium-Thiosulfatlösung soll ebensowenig wie das Rhodankupfer auf Jod einwirken.

LITTERSCHEID¹³⁾ fällt schwach saure oder neutrale Kupferlösungen nach Zusatz von schwefliger Säure, die nicht störend

¹⁾ Bull. Soc. Chim. Paris (3), Bd. 35, S. 1069; nach Chem. Centrbl. 1907, I, S. 508.

²⁾ Amerie. Journ. Sience Silliman (4), Bd. 24, S. 65; nach Chem. Centrbl. 1907, II, S. 847.

³⁾ Journ. Americ. Chem. Soc. Bd. 34, S. 818; nach Chem. Centrbl. 1912, II, S. 752.

⁴⁾ Analyst Bd. 39, S. 116; nach Chem. Centrbl. 1914, I, S. 1605.

⁵⁾ Deutsch. med. Wochenschr. Bd. 24, S. 551; nach Chem. Centrbl. 1898, II, S. 867.

⁶⁾ Apoth.-Ztg. Bd. 24, S. 73; nach Chem. Centrbl. 1909, I, S. 876, und Arch. d. Pharm. Bd. 247, S. 516; nach Chem. Centrbl. 1910, I, S. 303.

⁷⁾ Landw. Jahrb. Bd. 43, Erg.-Bd. 1, S. 178; nach Chem. Centrbl. 1912, II, S. 2129.

⁸⁾ Collegium 1913, S. 308; nach Chem. Centrbl. 1913, II, S. 390.

⁹⁾ Ebenda 1914, S. 37; nach Chem. Centrbl. 1914, I, S. 705.

¹⁰⁾ Ebenda S. 743; nach Chem. Centrbl. 1914, I, S. 273.

¹¹⁾ Während des Druckes dieser Arbeit haben SCHOORL und REGENBOGEN (Zeitschr. analyt. Chem. 1917, Bd. 56, S. 191) Untersuchungen veröffentlicht, nach denen die jodometrische Restkupferbestimmung durchaus zufriedenstellende Werte liefert; die Kritik von RUOSS (ebenda 1916, Bd. 55, S. 1) sei nicht zutreffend.

¹²⁾ Staz. sperim. agr. ital. Bd. 32, S. 117; nach Chem. Centrbl. 1899, I, S. 1085.

¹³⁾ Zeitschr. analyt. Chem. 1902, Bd. 41, S. 219.

wirkt, mit Jodkalium als Kupferrhodanür und titriert das in schwachem Überschuss zugegebene Jodkalium mit Silbernitrat nach dem Ansäuern mit Salpetersäure zurück. Mit KJ fällbare Basen, Halogenwasserstoffe und Körper, die Jod aus KJ freimachen, dürfen nicht zugegen sein.

LITTERSCHEID und BORNEMANN¹⁾ benutzen auch das Verhalten von Cu_2O , bei Gegenwart von arseniger Säure in essigsaurer Lösung durch Jodkalium quantitativ in Kupferjodür übergeführt zu werden, während Kupferoxyd Jod freimacht, das As_2O_3 zu As_2O_5 oxydiert. Man erhitzt 50 ccm Kupferlösung (49.948 g $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ in 1 l) mit 20 ccm Seignettesalzlösung im 200-Kölbchen zum Sieden, gibt 25 ccm der höchstens 1 % enthaltenden Traubenzuckerlösung zu und kocht 2 Minuten. Darnach gibt man sofort 50 ccm As_2O_3 -Lsg. (9.9 g in 1 l), 30 ccm Essigsäure von 96 % und nach dem Abkühlen 7 g KJ zu. Man füllt auf, filtriert nach 10 Minuten und titriert in 100 ccm die noch vorhandene As_2O_3 mit $\frac{1}{10}$ -n. Jodlösung. BANG²⁾ endlich hält das ausgeschiedene Cu_2O durch KCl in Lösung und titriert direkt mit $\frac{1}{100}$ -n. Jodlösung (Stärkelösung als Indikator). Der Endpunkt der Reaktion: $\text{CuCl} + \text{J} + \text{K}_2\text{CO}_3 = \text{CuCO}_3 + \text{KCl} + \text{KJ}$ soll trotz der Eigenfärbung der Kupferlösung scharf erkennbar sein. Zur Bestimmung sind nicht mehr als 10 mg Zucker zu verwenden. Bei der Abkühlung nach dem Kochen und beim Titrieren muss eine nachträgliche Luftoxydation des Kupferoxyduls verhütet werden. Eiweiss und andere Jod-bindende Stoffe dürfen nicht zugegen sein. LEY und DICHGANS³⁾ schlagen vor, das in der FEHLINGSchen Lösung nach der Reduktion und dem Entfernen des Niederschlags verbleibende Kupfer mit Ferricyankalium, das sich mit dem Kupfer in saurer Lösung quantitativ umsetzt, auszufällen und im Filtrat das überschüssige Ferricyankalium mit Hilfe von Jodkalium zu bestimmen. Das nach Zusatz von KJ ausgeschiedene Jod wird in Gegenwart eines Zinksalzes, das eine Rückwirkung des ausgeschiedenen Jods auf das Ferrosalz verhütet, mit Thiosulfat titriert.

¹⁾ Zeitschr. f. angew. Chem. 1909, Bd. 22, S. 2423; nach Chem. Centrbl. 1910, I, S. 199.

²⁾ Biochem. Zeitschr. Bd. 49, S. 1; nach Chem. Centrbl. 1913, I, S. 1544.

³⁾ Pharm. Zeitg. Bd. 48, S. 689; nach Chem. Centrbl. 1903, II, S. 772.

In analoger Weise benutzen RUPP und KRAUS¹⁾ xanthogen-saures Kalium, das nach dem früher von GRETE²⁾ angegebenen, maßanalytischen, ohne Indikator arbeitenden Verfahren in bicarbonatalkalischer Lösung Kupfersalze quantitativ ausfällt. RUPP und KRAUS tragen die Kupferlösung in eine titrierte Lösung des Xanthogenats ein, füllen auf und bestimmen den Rest des Kaliumxanthogenats jodometrisch im Filtrat.

Eine grössere Reihe von Arbeiten benutzt Permanganat. CAVEN und HILL³⁾ lösen das auf dem Porzellan-Gooch-Tiegel gesammelte Cu_2O mit Hilfe von titrierter und mit H_2SO_4 angesäuerter Permanganatlösung, setzen der erwärmten (höchstens 50°) Lösung Oxalsäurelösung im Überschuss zu und titrieren mit Permanganat zurück.

M. MÜLLER⁴⁾ löst das auf einem Asbestfilter gesammelte Cu_2O unter Verwendung einer von MOHR angegebenen Reaktion mit saurer Eisenoxydsalzlösung (Eisenammoniak-Alaun) und titriert mit KMnO_4 . Das Verfahren wurde von BAUMANN⁵⁾ der Vergessenheit entrissen und soll in russischen Zuckerfabriken verbreitete Anwendung gefunden haben. DUSCHSKY,⁶⁾ der verschiedene Methoden vergleichend geprüft hat, empfiehlt dies Verfahren besonders, ebenso MEYZAHN.⁷⁾

Sehr ähnlich verfahren WOOD und BERRY,⁸⁾ die das Cu_2O in eine mit CO_2 gefüllte Flasche überführen, mit 25 ccm einer Lösung von 2.5 g Ferrisulfat in 25 %iger H_2SO_4 versetzen, einige Minuten kräftig schütteln und die Lösung mit KMnO_4

¹⁾ Berichte Deutsch. chem. Gesellsch. Bd. 35, S. 4157; nach Chem. Centrbl. 1903, I, S. 202.

²⁾ LIEBIG'S Ann. Bd. 190, S. 211.

³⁾ Journ. Chem. Soc. Ind. Bd. 16, S. 981 und Bd. 17, S. 124; nach Chem. Centrbl. 1898, I, S. 476 und 1001.

⁴⁾ Centrbl. f. Zuckerind. 1898, Bd. 6, S. 757; nach Zeitschr. f. Unters. d. Nahr.- und Genussm. 1899, Bd. 2, S. 374.

⁵⁾ Centrbl. f. Zuckerind. 1901, Bd. 9, S. 809; nach Jahresber. f. Agrik.-Chem. 1901, S. 571.

⁶⁾ Deutsch. Zuckerind. 1909, Bd. 34, S. 521; nach Jahresber. f. Agrik.-Chem. 1909, S. 513.

⁷⁾ Centrbl. f. Zuckerind. 1913, Bd. 21, S. 1059; nach Jahresber. f. Agrik.-Chem. 1913, S. 544.

⁸⁾ Proceed. of the Cambridge Philos. Soc. Bd. 12, S. 97; nach Chem. Centrbl. 1903, I, S. 1378.

titrieren.¹⁾ Abgesehen von einigen kleinen Abänderungen ist das Verfahren von SONNTAG²⁾ dasselbe. Auch WOLFF,³⁾ sowie BERTRAND⁴⁾ verwerten dieselbe Reaktion. Das Verfahren, das auffallenderweise als von BERTRAND herrührend betrachtet wird,⁵⁾ wurde mit befriedigendem Ergebnis geprüft von FUNK,⁶⁾ BEYERSDORFER,⁷⁾ GRIMBERT⁸⁾ und SAILLARD.⁹⁾ Von ROLLE,¹⁰⁾ der saure Ferriammoniumlösung benutzt, wird die technische Ausführung des Verfahrens eingehend beschrieben. Auch SCHOORL und REGENBOGEN (Zeitschr. analyt. Chem. 1917, Bd. 56, S. 191) haben neuerdings mit dieser Methode sehr zufriedenstellende Werte erhalten. Sie benutzen jedoch zum Lösen des Cu_2O 25 ccm einer nicht angesäuerten 10 %igen Lösung von Eisenammoniakalaun. An dieser Stelle mögen auch die Arbeiten erwähnt werden, die sich mit der auf die Ermittlung des Invertzuckers bisher nicht angewandten titrimetrischen Bestimmung des als Rhodanür ausgefällten Kupfers mit Permanganat beschäftigen. Hierzu gehören Veröffentlichungen von MEADE,¹¹⁾ PARR,¹²⁾ GUESS¹³⁾ und MASINO.¹⁴⁾ JAMIESON LEVY und WELLS¹⁵⁾ benutzen zum Titrieren des Rhodanürs Kalium-

¹⁾ Vergl. hierzu auch die Arbeit von FOSTER: Proceed. Cambridge Philos. Soc. Bd. 14, S. 90; Chem. Centrbl. 1907, II, S. 846, in der das Verfahren auf die Bestimmung von Kupfer angewendet wird.

²⁾ Arb. Kais. Ges.-Amt Bd. 19, S. 447; nach Chem. Centrbl. 1903, I, S. 998.

³⁾ Ann. Chim. anal. appl. Bd. 10, S. 427; nach Chem. Centrbl. 1906, I S. 92.

⁴⁾ Bull. Soc. Chim. Paris (3) Bd. 35, S. 1285; nach Chem. Centrbl. 1907, I, S. 763.

⁵⁾ Vergl. SONNTAG (Biochem. Zeitschr. Bd. 53, S. 501; Chem. Centrbl. 1913, II, 904) und ROSENBLATT (ebenda Bd. 57, S. 335; Chem. Centrbl. 1914, I, S. 190).

⁶⁾ Zeitschr. physiol. Chem. Bd. 56, S. 507; nach Chem. Centrbl. 1908, II, S. 1130.

⁷⁾ Zeitschr. f. d. ges. Brauwesen Bd. 35, S. 556; nach Chem. Centrbl. 1913, I, S. 1066.

⁸⁾ Journ. Pharm. et Chim. (7) Bd. 7, S. 105; nach Chem. Centrbl. 1913, I, S. 1067.

⁹⁾ Zeitschr. Ver. Deutsch. Zuckerind. 1915, S. 555; nach Chem. Centrbl. 1915, II, S. 1314.

¹⁰⁾ Zeitschr. f. Spiritusind. Bd. 39, S. 272.

¹¹⁾ Journ. Americ. Chem. Soc. Bd. 20, S. 610; ref. Chem. Centrbl. 1898, II, S. 794.

¹²⁾ Journ. Americ. Chem. Soc. Bd. 22, S. 685; ref. Chem. Centrbl. 1900, II, S. 1037.

¹³⁾ Journ. Americ. Chem. Soc. Bd. 24, S. 708; ref. Chem. Centrbl. 1902, II, S. 823.

¹⁴⁾ Chem.-Zeitg. 1909, Bd. 33, S. 1173 und 1185.

¹⁵⁾ Journ. Americ. Chem. Soc. Bd. 30, S. 760; ref. Chem. Centrbl. 1908, II, S. 200.

jodat, während GARRIGUES¹⁾ die darin enthaltene Rhodanwasserstoffsäure alkalimetrisch mit NaOH, Indikator Methylorange, bestimmt. Die von PETERS²⁾ und WARD³⁾ vorgeschlagene Titration des in das Oxalat übergeführten Kupfers ist ebenfalls nicht auf die Zuckerbestimmung angewandt worden, so dass hierauf verwiesen werden kann. Die von GRIGGI⁴⁾ zur Kupferbestimmung verwendete Reduktion von Cuprisalzen durch Hydroxylamin in alkalischer Lösung ist von IVAR BANG⁵⁾ für die Zuckeranalyse benutzt, doch scheidet er das durch die Einwirkung des Zuckers gebildete Kupferoxydul mit einer Rhodankalium enthaltenden karbonatalkalischen Kupferlösung als Rhodanür aus. Die Kupferlösung wird dann nach dem Kochen und Abkühlen mit einer ebenfalls Rhodankalium enthaltenden Hydroxylaminsulfatlösung auf farblos titriert. Die BANGsche Methode wurde von JESSEN-HANSEN⁶⁾ nachgeprüft. Er hält das Verfahren für bequem und genügend genau, wenn sorgfältig gearbeitet wird. ANDERSEN⁷⁾ bezeichnet die Methode für reine wässrige Lösungen als zuverlässig auch bei Harnuntersuchungen. RADLBERGER⁸⁾ kommt ebenfalls zu einem günstigen Ergebnis.

HATTA⁹⁾ gibt einige Fehlerquellen des Verfahrens von BANG an. Hierauf, wie auf die Entgegnung von BANG,¹⁰⁾ kann hier nur hingewiesen werden.

V. FILLINGER¹¹⁾ vereinigt die Methode von BANG mit der von PAVY¹²⁾ angegebenen Titration der Zuckerlösung mit ammoniakalischer Kupferlösung; v. FILLINGER kocht je 20 ccm einer Lösung von 250 g Rhodankalium, 250 g K_2CO_3 und 25 g $KHCO_3$

¹⁾ Journ. Americ. Chem. Soc. Bd. 19, S. 934; nach Chem. Centrbl. 1898, I, S. 416.

²⁾ Americ. Journ. Science, SILLIMAN (4) Bd. 10, S. 359; ref. Chem. Centrbl. 1900, II, S. 1293.

³⁾ Ebenda Bd. 33, S. 423; ref. ebenda 1912, II, S. 382 und 1698.

⁴⁾ Boll. Chim. Farm. Bd. 43, S. 392; nach Chem. Centrbl. 1904, II, S. 367.

⁵⁾ Biochem. Zeitschr. Bd. 2, S. 271 und Bd. 32, S. 443; nach Chem. Centrbl. 1907, I, S. 375 und 1911, II, S. 307.

⁶⁾ Ebenda Bd. 10, S. 249; nach Chem. Centrbl. 1908, II, S. 101.

⁷⁾ Ebenda Bd. 15, S. 76; nach Chem. Centrbl. 1909, I, S. 319.

⁸⁾ Östr.-ung. Zeitschr. f. Zuckerind. und Landw. 1911, Bd. 40, S. 889; nach Jahresber. f. Agrik.-Chem. 1911, S. 651.

⁹⁾ Biochem. Zeitschr. Bd. 52, S. 1; nach Chem. Centrbl. 1913, II, S. 541.

¹⁰⁾ Ebenda Bd. 56, S. 159.

¹¹⁾ Zeitschr. f. Unters. d. Nahr.- u. Genussm. 1911, Bd. 22, S. 605.

¹²⁾ Journ. of Physiology 1907, Bd. 36, S. 145; nach Zeitschr. f. Unters. d. Nahr.- u. Genussm. 1909, Bd. 18, S. 692.

in 1 l und einer 4.278 g $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ in 1 l enthaltenden Lösung unter Zugabe von 3—4 g NaCl in einem Kölbchen, das durch 2 als Ventile wirkende, mit alkalischer Pyrogallollösung gefüllte Erlenmeyer vom Luftzutritt abgeschlossen ist, mit der Zuckerlösung, deren Gehalt durch eine Vorbestimmung annähernd bekannt ist, bis Entfärbung stattfindet.

BENEDIKT¹⁾ verwertet dieselben Grundlagen wie BANG; er erhitzt nach einer späteren Arbeit²⁾ die Kupferlösung, die neben Soda, zitronensaurem Natrium und Rhodankalium noch Ferricyankalium enthält, in einer Porzellanschale und titriert ähnlich wie v. FILLINGER mit der Zuckerlösung bis zum Verschwinden der blauen Farbe.

Die von PARKES³⁾ herrührende maßanalytische Methode für die Kupferbestimmung, die allerdings nach FERNECKES und KOCH⁴⁾ namentlich bei kleinen Cu-Mengen erhebliche Fehler besitzen soll, ist von mehreren Autoren zur Zuckerbestimmung herangezogen worden. Sie beruht darauf, dass Cyankalium in ammoniakalischer Kupferlösung ein Doppelsalz von Cyankupfer und Cyanammonium oder Cyankalium bildet, das farblos löslich ist. PINETTE⁵⁾ löst bei der Bestimmung des Zuckers in Süddeinen das gewaschene Cu_2O mit 5 ccm konz. Salpetersäure, macht ammoniakalisch und titriert mit Cyankaliumlösung bis zum Eintritt der Farblosigkeit. Der Umschlag wird verschärft, wenn man 2 Tropfen Ferrocyanalkaliumlösung (1 : 20) zugibt. Ch. MÜLLER⁶⁾ verwendet zum Lösen des Cu_2O Salzsäure und verfährt im übrigen wie PINETTE. STOLLE⁷⁾ bestimmt nicht das ausgeschiedene Cu_2O , sondern in einem aliquoten Teil des Filtrats das nicht reduzierte Kupfer. Er versetzt die Lösung mit einer Ammoniak-Ammonkarbonat-Lösung und titriert mit $\frac{1}{4}$ -n. KCy

¹⁾ Journ. of Biol. Chem. Bd. 3, S. 101; nach Chem. Centrbl. 1907, II, S. 429.

²⁾ Ebenda Bd. 9, S. 57; nach Chem. Centrbl. 1911, I, S. 1251.

³⁾ Mining Journ. Jahrgang 1851.

⁴⁾ Journ. Americ. Chem. Soc. Bd. 27, S. 1224; nach Chem. Centrbl. 1905, II, S. 1693.

⁵⁾ Chem.-Zeitg. 1897, Bd. 21, S. 395.

⁶⁾ Bull. de l'Assoc. des Chim. de Sucre et Dist. Bd. 29, S. 71 u. Bd. 31, S. 646; nach Chem. Centrbl. 1911, II, S. 1380 u. 1914, I, S. 1853.

⁷⁾ Zeitschr. Ver. Deutsch. Zuckerind. 1901, Bd. 51, S. 111; nach Jahresber. f. Agrik.-Chem. 1901, S. 571.

bis zur vollständigen Entfärbung. Ganz ähnlich verfahren BERNARD,¹⁾ CONTI²⁾ und BOHLE³⁾.

Anstelle von Cyankalium ist auch Ferrocyankalium zum Titrieren von Kupferlösungen vorgeschlagen worden und zwar von HEGLAND,⁴⁾ MAILLARD⁵⁾ und SELVATICI,⁶⁾ doch scheinen die hierauf gegründeten Verfahren erhebliche Fehlerquellen zu besitzen, auch dürfte das sich ausscheidende Ferrocyan kupfer störend wirken.⁷⁾

Von LAVALLE⁸⁾ wurde eine Methode angegeben, bei der eine mit überschüssiger Natronlauge versetzte FEHLINGSche Lösung unmittelbar mit der zu untersuchenden Zuckerlösung titriert wird. Die Natronlauge löst den in Cuprisalzlösungen entstehenden Niederschlag bei Gegenwart von Glukose und anderen Zuckerarten wieder. Der Endpunkt ist erreicht, wenn ein Tropfen der einflussenden Zuckerlösung die blaue Farbe zum Verschwinden bringt. In einer 2. Veröffentlichung⁹⁾ sucht LAVALLE das Verfahren dadurch zu verbessern, dass er die Einwirkung der Luft durch Zugabe von Chlorammonium zur alkalischen Kupferlösung und durch Arbeiten in einem die Bürette tragenden und durch U-Rohr abgeschlossenen Erlenmeyer verhindert. PELLET¹⁰⁾ hält das Verfahren nicht für vorteilhaft, namentlich ist es für gefärbte Zuckerlösungen nicht geeignet. MANASSE¹¹⁾ hat dagegen bei Harnuntersuchungen unter Ver-

¹⁾ Ann. Chim. anal. appl. Bd. 6, S. 89; nach Chem. Centrbl. 1901, I, S. 916.

²⁾ Boll. Chim. Farm. Bd. 46, S. 609; nach Chem. Centrbl. 1907, II, S. 1359.

³⁾ Deutsch. Zuckerind. 1909, Bd. 34, S. 204; nach Jahresber. f. Agrik.-Chem. 1909, S. 513.

⁴⁾ Pharm. Weekbl. Bd. 41, S. 133; nach Chem. Centrbl. 1904, I, S. 840.

⁵⁾ Ann. Chim. analyt. appl. Bd. 14, S. 342; nach Chem. Centrbl. 1909, II, S. 1821.

⁶⁾ Bull. de l'Assoc. des Chim. de Sucre et Dist. Bd. 27, S. 1179; nach Chem. Centrbl. 1910, II, S. 688.

⁷⁾ Vergl. auch die Arbeit von FERNECKES und KOCH (Fussnote auf S. 207).

⁸⁾ Chem.-Zeitg. 1906, Bd. 30, S. 17.

⁹⁾ Ebenda S. 1301.

¹⁰⁾ Bull. de l'Assoc. d. Chim. de Sucre et Dist. Bd. 23, S. 535; nach Chem. Centrbl. 1906, I, S. 702.

¹¹⁾ Arb. a. d. Path. Inst. Berlin 11, S.; nach Chem. Centrbl. 1906, II, S. 1692.

wendung eines geschlossenen Kolbens und unter Zusatz von Ammoniak gute Ergebnisse erzielt.

Schliesslich sind noch die alkalimetrischen Verfahren von RUOSS¹⁾ und ROSENTHALER²⁾ zu erwähnen. RUOSS löst den Kupferniederschlag in einigen Tropfen Salpetersäure, vertreibt die Stickoxyde durch Kochen, füllt auf 100 auf, titriert 30 ccm kochend mit CO_2 -freier n-NaOH und Phenolphthalein als Indikator auf rot und gibt H_2SO_4 zu, bis Entfärbung eintritt. Nach Zusatz von Methylorange und 15 ccm 0.4-n. H_2SO_4 , titriert er in der Kälte mit 0.2-n. Soda zurück, bis eine grüngelbe Färbung eintritt. Die nach Abzug der Soda verbrauchten ccm Normalsäure $\times 31.58$ ergeben die Milligramme Kupfer.

ROSENTHALER hat gefunden, dass die beim Kochen der Zuckerarten mit alkalischen Kupferlösungen entstehenden Säuren sich zur Maßanalyse verwenden lassen. Er bestimmt den Verbrauch an Normalsäure, wenn 1. die Kupfersulfatlösung (175 g $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, 75 g Glyzerin, 125 g Natriumzitrat und 100 g 15 %ige Natronlauge zu 1 l) nach dem Kochen, Filtrieren durch einen Gooch-Tiegel mit Asbest, Auswaschen mit 150 ccm Wasser und Zugabe von n.-Säure im Überschuss mit n.-Alkali (Phenolphthalein als Indikator) titriert wird, und 2. wenn 5 ccm der 1 %igen Zuckerlösung mit 20 ccm Wasser und 30 ccm Kupferlösung 8 Minuten gekocht und sonst in der gleichen Weise behandelt werden. Je 1 ccm Säuredifferenz entspricht 0.0225 g wasserfreier Dextrose oder Lävulose.

Ob eine oder die andere der beschriebenen Methoden eine allgemeinere Einführung in die analytische Praxis gefunden hat, ist aus der uns zur Verfügung stehenden Literatur nicht zu ersehen. Wir halten es nicht für sehr wahrscheinlich, da die Handbücher von KÖNIG und LUNGE an maßanalytischen Verfahren nur das oben erwähnte SOXHLETSche Direktverfahren aufgenommen haben.

Es erschien daher aussichtsreich, die Anwendbarkeit der Titanmethode, die wir als sehr genau erkannt hatten, auf die Zuckeranalyse zu prüfen. Wir versuchten zunächst die ausgeschiedene Kupfermenge auf indirektem Wege durch Titration des in der FEHLINGSchen Lösung nach dem Kochen ver-

¹⁾ Zeitschr. anal. Chem. 1898, Bd. 37, S. 426.

²⁾ Ebenda 1904, Bd. 43, S. 282.

bleibenden Kupfers zu ermitteln. Obwohl bei reiner FEHLING-scher Lösung gute Werte erhalten wurden, gelang es doch trotz verschiedener Änderung der Bedingungen nicht, bei Anwendung von Melasselösungen wirklich befriedigende und gleichmässige Ergebnisse zu erzielen. Wahrscheinlich sind es die grossen Mengen organischer Substanzen, vielleicht auch Nitrate und andere Salze, die unmittelbar oder infolge ihrer Einwirkung auf die Oxydationsstufe des Kupfers stören. Erst einige Zeit, nachdem wir uns entschlossen hatten, diese Arbeitsweise aufzugeben, stiessen wir auf eine Arbeit von RADLBERGER und SIEGMUND,¹⁾ die durch Titration der von Cu_2O befreiten Kupferlösung mit Titantrichlorid durchaus brauchbare Werte erhalten haben. Eine Erklärung hierfür kann nur darin gesehen werden, dass RADLBERGER und SIEGMUND mit verhältnismässig reinen Zuckerlösungen gearbeitet haben, bei denen die oben erwähnten Störungen nicht oder nur in unbedeutendem Masse aufgetreten sind.

Aus den angegebenen Gründen sind wir daher dazu übergegangen, das ausgeschiedene Kupferoxydul selbst titrimetrisch zu bestimmen. Wenn auch das Abfiltrieren, Auswaschen, Lösen und Oxydieren ein wenig mehr Arbeit verursacht, so ermöglicht doch die in folgendem beschriebene Arbeitsweise eine so rasche und scharfe Bestimmung, dass wir nicht anstehen, das Verfahren der gewichtsanalytischen Bestimmung in der Genauigkeit als vollkommen ebenbürtig, in der Einfachheit und Schnelligkeit der Ausführung aber als erheblich überlegen zu bezeichnen. Nach den bis jetzt gemachten Erfahrungen arbeitet man am besten wie folgt: An der Behandlung der Zuckerlösungen mit FEHLING'scher Lösung ist selbstverständlich nichts zu ändern. Ist die vorgeschriebene Kochdauer eingehalten, so filtriert man durch einen auf eine Saugflasche gestellten Porzellan-Gooch-Tiegel mit Asbestfilter, oder besser einen Neubauer-Tiegel mit rissfreier Platinschicht²⁾ und wäscht mit heissem Wasser aus. Man braucht den Niederschlag nicht quantitativ in den Gooch-Tiegel zu bringen, da der Rest nachher aufgelöst und die Lösung mit der der Hauptmenge vereinigt wird. Das Asbestfilter stellt

¹⁾ Östr.-ung. Zeitschr. f. Zuckerind. u. Landw. 1913, Bd. 42, S. 34; nach Jahresber. f. Agrik.-Chem. 1913, S. 543.

²⁾ Die weit billigeren Gold-Platintiegel können hier sehr gut gebraucht werden.

man zweckmässig in der Weise her, dass man auf eine zuerst hineingebrachte dünne Asbestschicht ein Porzellansiebplättchen legt und dieses Plättchen wieder mit nicht zu wenig Asbest bedeckt. Die Filtration und das Auswaschen geht, wenn man eine gute Saugpumpe verwendet, ausserordentlich rasch von statten. Das Nachwaschen mit Alkohol, nach dessen Aufbringen sich das Filtrieren im ALLIHNschen Röhrchen gewöhnlich sehr verlangsamt, und ebenso mit Äther, ist hier überflüssig, wodurch das Arbeiten auch etwas verbilligt wird.

Um den Niederschlag zu lösen, bedient man sich der auf S. 192 erwähnten 10 %igen Salzsäure. Man kann die zum Lösen erforderliche Menge (rund 100 ccm) in das entleerte Fällungsgefäss, das anstelle der gewöhnlich benutzten Porzellankasserolle auch ein Becherglas aus Jenaer Glas sein kann, geben und erwärmen; die im Fällungsgefäss verbliebenen Reste der Cu_2O -Ausscheidung werden dann ohne weiteres gelöst. Da man von der Gesamtlösung nur den 4. Teil titrieren kann und sie daher auf ein bestimmtes Volumen bringen muss, bedienen wir uns der in Fig. 3 abgebildeten Vorrichtung. Sie besteht aus der von einem von uns früher beschriebenen zweiteiligen Saugflasche,¹⁾ in die man vor dem Aufsetzen des oberen Teils ein 200 ccm-Kölbchen hineinsetzt. Das Maßkölbchen ist, damit es gerade steht, auf eine Kristallisationsschale gestellt, die mit der Öffnung nach unten auf den gewölbten Boden der Saugflasche gestülpt ist. Das Ende des kleinen Trichters, der den mit einer Kautschuknutsche aufgesetzten Gooch-Tiegel trägt, muss etwas in den Hals des Maßkölbchens hineinragen.

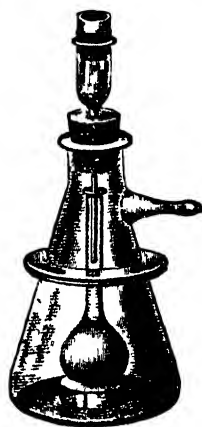


Fig. 3.

Man erreicht hiermit, dass man das Überspülen der Lösung aus der Saugflasche erspart, dass eine Verunreinigung der Lösung beim Absaugen durch etwa von der Saugpumpe zurücksteigendes Wasser verhütet wird und dass man stets ein Urteil über die Menge der abgesaugten Flüssigkeit hat.

¹⁾ Chem.-Zeitg. 1913, Bd. 37, S. 651; die Saugflasche wird von der Firma WAGNER & MUNZ, München, Karlstrasse 41, hergestellt. Die Verwendung eines Kautschukringes zum Abdichten der Schliffflächen ist hier unnötig.

Nebenbei bemerkt, kann man die angegebene Vorrichtung mit Vorteil überall da verwenden, wo man einen Niederschlag von einer Lösung durch Absaugen trennen und die Lösung mit Einschluss des Waschwassers auf ein bestimmtes Volumen bringen will, oder wo man von irgend einem durch Absaugen zu gewinnenden Filtrat eine bestimmte Menge, sei es in einem Reagensglas oder in einem Messzylinder, auffangen will. Als Beispiel führen wir an, dass sich die zweiteilige Saugflasche bei der Glycerinbestimmung in Südweinen und anderen zuckerhaltigen Gärungserzeugnissen¹⁾ und zwar zum Auswaschen des Kalksaccharat-Niederschlags mit Alkohol gut bewährt hat. Man bringt dazu den Niederschlag auf eine mit Filtrierpapierscheibe bedeckte Porzellansiebplatte, die sich in einem geräumigen Trichter befindet. Der Trichterhals ragt in ein in die Saugflasche gestelltes Kölbchen von 300 ccm Inhalt. Man erzielt ein rasches, quantitatives Auswaschen, spart an Waschflüssigkeit und umgeht sowohl das lästige Hinaufkriechen des Alkohols an den Gefässwandungen, wie auch das umständliche quantitative Ausspülen der Saugflasche.

Um in dem hier vorliegenden Fall den Kupferniederschlag zu lösen, füllt man den auf die zweiteilige Saugflasche gesetzten Gooch-Tiegel, zunächst ohne zu saugen, mit der heissen, verdünnten Salzsäure. Die Lösung erfolgt gewöhnlich in ganz kurzer Zeit. Man kann, besonders bei grossen Niederschlagsmengen, den Lösungsvorgang beschleunigen, wenn man mit einem kurzen Glasstab vorsichtig umrührt. Man saugt hierauf langsam an und giesst nochmals unter Aufrühren der auf dem Siebplättchen befindlichen Asbestschicht Salzsäure auf. Legt man das Siebplättchen oben auf die Filterschicht, so setzt sich das Kupferoxyd häufig unter ihm fest und geht dann nur schwer in Lösung. Verwendet man kein Siebplättchen, so lässt sich das Umrühren nicht bewerkstelligen, ohne dass die ganze Asbestschicht aufgerührt wird und grössere Mengen von Asbestfasern in das Filtrat gerissen werden. Die Fasern stören zwar das Titrieren nicht, sind aber beim Pipettieren lästig. Bei Benutzung eines Neubauer-Tiegels sind alle diese Vorsichtsmassregeln wie auch das Umrühren mit dem Glasstäbchen überflüssig.

¹⁾ nach den amtlichen Anweisungen zur chemischen Untersuchung des Weines.

Ist die Lösung des Niederschlags samt dem Waschwasser für Fällungsgefäß und Gooch-Tiegel in das Maßkölbchen gebracht, so ist verschieden zu verfahren, je nachdem, ob man die Bestimmung des Kupfers sofort ausführen will oder ob man sie bis zum nächsten Tage verschieben kann.

Im 1. Fall kühlt man ab, füllt zur Marke auf, pipettiert 50 ccm in ein Erlenmeyerkölbchen von etwa 250 ccm Inhalt, setzt 2—3 ccm einer 3 %igen Wasserstoffsuperoxydlösung, sowie 20 ccm der 10 %igen Salzsäure zu, kocht 5 Minuten und titriert wie bei der Kupferbestimmung in Vitriolen mit TiCl_3 . Im 2. Fall ist ein Zusatz von H_2O_2 unnötig. Die Oxydation des Kupferoxydulsalzes zu Cuprisalzen erfolgt während des 14—15-stündigen Stehens von selbst und quantitativ.¹⁾ Wir haben uns davon durch eine grössere Reihe von Parallelbestimmungen überzeugt. In keinem Falle wurden nennenswerte Unterschiede gefunden, sei es dass die Lösung mit H_2O_2 behandelt und sofort titriert, sei es dass sie nach dem Stehen über Nacht ohne oder mit Zusatz von H_2O_2 gekocht wurde. Will man über Nacht stehen lassen, so muss man allerdings die Vorsicht gebrauchen, das Kölbchen nicht bis zum Halse aufzufüllen, da sonst der Sauerstoff der Luft nicht genügend einwirken könnte. Die Zeit des Stehenlassens lässt sich nicht wesentlich abkürzen. Die Zugabe von Eisenchlorid oder von Platinspiralen, von denen wir vermuteten, dass sie die Sauerstoffübertragung beschleunigen würden, erwies sich als wirkungslos.

Als Beleganalysen mögen angeführt werden:

		Durch Titration gefundene Kupfermenge	
		bei Oxydation mit H_2O_2	bei Selbstoxydation
Rohrzuckerlösung	. .	370.7 mg	370.7 mg
Rohmelasse	. . .	244.1 "	244.1 "
"	. . .	242.2 "	242.2 "
"	. . .	240.9 "	240.9 "
"	. . .	240.9 "	240.9 "
"	. . .	249.9 "	249.9 "
Häckselmelasse	. . .	170.1 "	168.8 "
"	. . .	193.9 "	193.9 "
"	. . .	180.0 "	180.0 "
Torfmelasse	. . .	180.0 "	180.0 "
"	. . .	192.1 "	192.1 "
"	. . .	170.1 "	170.1 "

¹⁾ Die zuerst ganz blass gefärbte, blaugrüne Lösung wird nach einiger Zeit deutlich erkennbar dunkler.

Mit einer einzigen Ausnahme, die wohl mehr als ein Zufall anzusehen ist, stimmen demnach die gefundenen Werte vollkommen überein.

Zu der Oxydation mit H_2O_2 ist noch folgendes zu bemerken: Wir fanden bei den ersten vergleichenden Bestimmungen, dass bei der Titration mit Titantrichlorid fast regelmässig etwas höhere Werte gefunden wurden als bei der Gewichtsanalyse. Bei der Prüfung des von uns damals verwendeten Perhydrols (MERCK) stellte es sich heraus, dass es geringe Mengen von Salpetersäure enthielt, die bei dem Kochen der Kupferlösung mit Salzsäure nicht vollständig zerstört wurde. Es war ohne Einfluss auf das Ergebnis, wenn anstelle der gewöhnlich verwendeten 2—3 ccm von 3 %igem H_2O_2 4, 6 oder 8 ccm zugegeben wurden. Ebenso unwirksam war die Zugabe von 5 mg Natriumnitrat neben H_2O_2 . Bei der Titration von 10 ccm einer $1/10$ -n. Kupfersulfatlösung wurden an Titantrichlorid verbraucht:

	Bei 5 Minuten langer Kochdauer ccm	Bei 10 Min. langer Kochdauer ccm	Mehrverbrauch infolge des Zusatzes ccm
Ohne Zusatz	13.75	13.75	—
Mit Zusatz von 2.00 ccm H_2O	13.85	13.85	0.10
" " " 4.00 " "	13.85	13.85	0.10
" " " 6.00 " "	14.50 ¹⁾	13.85	0.10
" " " 8.00 " "	19.50 ¹⁾	13.85	0.10
" " " 5.00 " "	—	13.85	0.10
und 5 mg NaNO_3			

Es ergibt sich hieraus, dass es notwendig ist, das verwendete Wasserstoffsuperoxyd auf sein Verhalten zu prüfen und wenn erforderlich, den nach dem Vorstehenden als konstant anzusehenden Mehrverbrauch in Rechnung zu stellen. Ein später bezogenes Perhydrol von MERCK und ein KAHLBAUMSches Präparat erwiesen sich übrigens als nitratfrei.²⁾ Sie beeinflussten

¹⁾ Die Lösung enthielt bei der Titration noch H_2O_2 (deutliche Gelbfärbung).

²⁾ Im Eindampfrückstand von 100 ccm der auf einen Gehalt von 3 % H_2O_2 verdünnten Reagentien mit Natronlauge wurde eine ganz schwache Nitratreaktion mit Diphenylamin-Schwefelsäure erhalten.

	CuO mg	Entsprechend		Verbrauch an TiCl_3 - Lösung ccm	1 ccm TiCl_3 ent- spricht Cu mg	Der 4fache Verbrauch an TiCl_3 entspricht	
		Cu mg	Saccha- rose mg			Cu mg	Saccha- rose mg
1	249.5	199.2	100.5	11.00 11.00	4.5404	199.8 199.8 } 199.8	100.9
2	248.5	198.4	100.0	10.95 10.975	4.5404	198.9 199.3 } 199.1	100.5
3	248.0	198.0	99.8	11.00 10.975	4.5404	199.8 199.3 } 199.55	100.7
4	250.5	200.0	101.0	11.00 10.975	4.5404	199.8 199.3 } 199.55	100.7
5	249.5	199.2	100.5	11.00 10.975	4.5404	199.8 199.3 } 199.55	100.7
Im Mittel:		198.96 ± 0.257	100.36 ± 0.155	--	—	199.51 ± 0.069	100.7 ± 0.034

Als ein Vorzug der Methode ist ferner anzusehen, dass man in der Lage ist, die Titration mehrfach auszuführen, wenn man der ersten Bestimmung kein rechtes Zutrauen schenkt oder dabei einen Fehler begangen hat.

Andererseits ist zugegeben, dass Abweichungen von 0.1 oder gar 0.2 ccm den Befund ziemlich stark beeinflussen, denn 0.1 ccm mehr oder weniger entspricht z. B. bei einer Einwage von 25 g eines Melassefutters von dem bei der üblichen Verdünnung zur eigentlichen titrimetrischen Bestimmung nur 0.0625 g kommen, bereits einer Kupfermenge von 0.45 mg oder einer Rohrzuckermenge von 0.25 mg, was wieder auf die angewandte Menge 0.4 % Zucker ausmachen würde. Da aber sowohl der Titer der Titantrichloridlösung sehr genau festgestellt werden kann, als auch der Umschlag ungewöhnlich scharf zu erkennen ist, glauben wir annehmen zu können, dass so grosse Abweichungen bei sorgfältiger Arbeit nur selten vorkommen werden.

4. Bestimmung von Eisenoxyd neben Eisenoxydul; Untersuchung von Eisenvitriolen des Handels.

Die Bestimmung von Eisen, das vollständig als Oxydsalz vorhanden ist, erfolgt mit Titantrichlorid ebenso glatt und sicher wie die des Kupfers. Auch wenn es, wie bei der Analyse

von Böden und Düngemitteln, durch Fällung mit NH_3 oder mit Natriumacetat und Soda im Gemisch mit Tonerde und Phosphorsäure¹⁾ vorliegt, ist das Eisen in der salzsauren Lösung sehr leicht zu bestimmen. Es ist dabei natürlich einfacher, die Titration in einer für sich vorgenommenen Parallelfällung nach dem Lösen in Salzsäure vorzunehmen, als den geglühten Niederschlag aufzulösen und erst dann zu titrieren. Einige Schwierigkeiten verursacht dagegen die Bestimmung des Eisenoxys, wenn daneben Eisenoxydul vorhanden ist. Dieser Fall tritt öfters bei der Prüfung von Eisenvitriolen des Handels ein. Nicht sachgemäss aufbewahrte oder feucht gewordene Eisenvitriole oxydieren sich bekanntlich ziemlich rasch. Der Gehalt an Eisenoxydulsalz, als dem wertbestimmenden Bestandteil wird verringert; auch scheiden die oxydierten Vitriole beim Auflösen gewöhnlich basische Eisenoxysalze aus.

Beim Lösen von Eisenvitriol in Wasser oder verdünnter Säure hat man mit einer nicht unerheblichen Oxydation zu rechnen. Man kann zwar, wie sich bei der Untersuchung von chemisch reinem Ferrosulfat ergab, diese Oxydation ausschliessen, wenn man das Salz in einen mit CO_2 gefüllten Erlenmeyer bringt und mit Wasser löst, durch das vorher einige Zeit ein CO_2 -Strom geleitet wurde. Der Verbrauch an TiCl_3 -Lösung betrug hierbei bei einer Einwage von 2 g nur 0.15 ccm. Dasselbe Ziel erreicht man aber viel einfacher, wenn man der eingewogenen Salzmenge einige Gramm Ammoniumsulfat zugibt und zwar auf 10 g Eisenvitriol ungefähr 5 g $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. Beim Titrieren der so hergestellten Lösung wurden auf 1 g Ferrosulfat 0.1 ccm TiCl_3 verbraucht; eine Menge, die praktisch vollkommen vernachlässigt werden kann, um so mehr als in Mischungen von Ferrosulfat und Ferrisulfat, die unter Zugabe von Ammoniumsulfat gelöst waren, fast genau die in Form von Oxyd zugesetzten Fe-Mengen wiedergefunden wurden. Wir benutzten ein MERCK-sches Ferrisulfat, das frei von Ferrosalz war und 21.01 % Fe enthielt:

¹⁾ Tonerde und Phosphorsäure wie auch Manganoxyd beeinflussen das Titrationsergebnis nicht.

Mischung von 0.4 g $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 0.25 g $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ und	Durch Titration gefunden Fe mg	Berechnet Fe mg	Durch Ti- tration mehr (+) oder we- niger (-) Fe mg
0.020 g Ferrisulfat	4.198	4.202	— 0.004
0.100 " "	21.200	21.210	— 0.190
0.200 " "	41.980	42.020	— 0.040
0.500 " "	104.950	105.050	— 0.100

Mit der Bestimmung des als Ferrosalz vorhandenen Eisens kann die des Gesamteisens in sehr einfacher Weise verbunden werden. Man hat zu diesem Zweck nur einen aliquoten Teil der Lösung nach Zugabe von Salzsäure mit H_2O_2 zu oxydieren und wie bei der Kupferbestimmung zu titrieren. Einige Bestimmungen, die mit reinstem Eisenvitriol (MERCK), für das sich ein Gehalt von 20.086 % Fe berechnet, ohne und mit Zusatz von Ammoniumsulfat und unter Zugabe von bestimmten Mengen Ferrisalz ausgeführt wurden, ergaben:

Angewandte Menge	Berechnete Fe-Menge mg	Verbrauch an TiCl_3 -Lösung ccm	Titer der TiCl_3 - Lösung für Fe mg	Gefunden an Fe mg	Durch Titration mehr (+) oder weniger (-) als berechnet an Fe mg
0.400 g $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	80.34	19.65	4.076	80.09	— 0.25
0.400 " " "	80.34	19.10	4.198	80.18	— 0.16
0.400 " " " + 0.25 g $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	80.34	19.10	4.198	80.18	— 0.16
0.800 " " " + 0.50 " " "	160.68	38.30	4.198	160.78	+ 0.10
0.400 " " " + 0.50 " Ferrisulfat	185.39	45.00	4.076	183.49	— 1.90
0.400 " " " + 0.50 " " "	185.39	43.85	4.198	184.08	— 1.31
0.400 " " " + 0.02 " " "	84.54	20.05	4.198	84.17	— 0.37
+ 0.25 g $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	84.54	20.05	4.198	84.17	— 0.37
0.400 g $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ + 0.100 g Ferri- sulfat + 0.25 g $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	101.35	24.00	4.198	100.75	— 0.60
0.400 g $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ + 0.200 g Ferri- sulfat + 0.25 g $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	122.36	29.10	4.198	122.16	— 0.20
0.400 g $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ + 0.500 g Ferri- sulfat + 0.25 g $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	185.39	43.90	4.198	184.29	— 1.10

Die Abweichungen sind demnach ganz unbedeutend. Nur bei den eisenreicheren Lösungen wurde 1—2 mg zu wenig ge-

funden. Dies erklärt sich dadurch, dass der Umschlag, wie bei der Untersuchung von Kupferlösungen (s. S. 198), an Schärfe verliert, wenn man mehr als 25 ccm TiCl_3 verbraucht und die Flüssigkeitsmenge im Titrierkölbchen dadurch zu gross wird. Bei Anwendung von 0.25 g Eisenvitriol, die ungefähr 50 mg Fe entsprechen, und bei denen zwischen 10 und 15 ccm Titrierlösung verbraucht werden, erhält man auch hier die besten Resultate. Mehr als 100 mg Fe anzuwenden, empfiehlt sich nicht.

Verunreinigungen des Eisenvitriols, die bei der Bestimmung des Eisenoxydgehalts und des Gesamteisens stören können, sind uns bisher nicht entgegengetreten. Mangan- und Zinksulfat¹⁾ reagieren auch dann nicht mit Titantrichlorid, wenn sie vorher mit H_2O_2 behandelt werden.

5. Bestimmung von Wasserstoffsuperoxyd.

Die Prüfung von Wasserstoffsuperoxydlösungen auf ihre Gehaltsstärke ist im Laboratorium ziemlich oft auszuführen. Auch für landwirtschaftliche Versuchsstationen hat sie an Bedeutung gewonnen, seitdem bei der Bestimmung der zitronensäurelöslichen Phosphorsäure in Thomasmehlen nach der Eisen-zitratmethode von POPP zur Beseitigung des im zitronensauren Auszug enthaltenen Schwefelwasserstoffs 3 %iges H_2O_2 benutzt wird.

Das Wasserstoffsuperoxyd wird aber auch sonst vielfach zum Haltbarmachen von leicht verderblichen Flüssigkeiten gebraucht. So ist vor kurzem die Behandlung von Mager- und Vollmilch, die auf grössere Strecken versandt werden soll, mit 3 %igem H_2O_2 eingeführt, um die Milch, ohne dass sie sauer wird, den Verbrauchern in den Städten zuführen zu können.

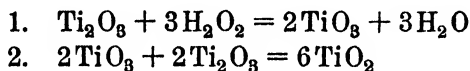
Der Analytiker wird daher jetzt öfter als früher vor die Frage gestellt sein, H_2O_2 -Lösungen prüfen zu müssen.

Man kann zwar H_2O_2 mit Permanganat sehr einfach und genau bestimmen, doch schien es uns von Wert, die für diesen Zweck auch von TREADWELL²⁾ empfohlene Titantrichloridmethode heranzuziehen und einige vergleichende Untersuchungen auszuführen.

¹⁾ Vor einiger Zeit wurde der Versuchsanstalt ein Eisenvitriol mit 6.83 % $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ zugesandt.

²⁾ Analyt. Chemie 5. Aufl. (1911), Bd. 2, S. 574.

Für die Bestimmung mit KMnO_4 verfahren wir nach den Angaben von TREADWELL.¹⁾ Von der 3%igen Lösung, die aus den käuflichen konzentrierten Präparaten hergestellt war, wurden 10 ccm auf 100 ccm verdünnt und davon 10 ccm mit Wasser auf etwa 250 ccm verdünnt, 25 ccm Schwefelsäure (1:4) zugegeben und mit $\frac{1}{10}$ -n. KMnO_4 (gegen Oxalsäure eingestellt) bis zur bleibenden Rotfärbung titriert. Der Endpunkt ist sehr leicht zu erkennen. Beim Titrieren mit Titantrichlorid versuchten wir ebenso zu verfahren, doch stellte sich heraus, dass man, um einen brauchbaren Umschlag zu bekommen, nicht verdünnen darf. Man gibt daher zweckmässig zu 10 ccm der 0.3%igen Lösung entweder 5 ccm Salzsäure vom spez. Gewicht 1.19 oder, um nicht den lästigen HCl -Dämpfen ausgesetzt zu sein, besser 5 ccm Schwefelsäure (1:4) zu und titriert bis Entfärbung eintritt. Nach TREADWELL verläuft die Reaktion in 2 Phasen:



Auf 1 Mol. H_2O_2 werden daher 1 Mol. Ti_2O_3 oder 2 Mol. TiCl_3 verbraucht. Die H_2O_2 -Lösung färbt sich beim Zugeben von TiCl_3 zuerst gelb, dann tieforange, blasst dann ab und entfärbt sich schliesslich vollständig.

Bei den vergleichenden Bestimmungen wurde gefunden:

(Siehe die Tabelle auf S. 221.)

Wir fanden daher mit Titantrichlorid eine Kleinigkeit mehr als mit Permanganat, doch sind die Unterschiede so unbedeutend, dass wir uns für berechtigt halten, die beiden Methoden als gleichwertig zu bezeichnen. Das Verfahren dürfte für wässrige Lösungen auch einfacher sein, als das von J. v. BERTALAN²⁾ angegebene, bei dem Zinnchlorür benutzt wird. Es ist von uns beabsichtigt demnächst zu prüfen, ob man H_2O_2 auch in Gegenwart von organischen Substanzen mit TiCl_3 titrieren kann. Wir bemerken noch, dass der Titer der Titantrichloridlösung gegen Kupfersulfat gestellt und von Cu auf H_2O_2 umgerechnet wurde. Der Cu-Titer ist, um den H_2O_2 -Titer zu erhalten, gemäss dem

¹⁾ Analyt.-Chemie 5. Aufl. (1911), Bd. 2, S. 517.

²⁾ Chem.-Zeitg. 1916, Bd. 40, S. 373.

	Nach der Permanganatmethode						Nach der Titantrichloridmethode ²⁾					
	angewandte Menge ¹⁾	Verbrauch an $\frac{1}{10}$ -n. KMnO_4	1 cem KMnO_4	entspricht H_2O_2	gefunden		Verbrauch an TiCl_3	1 cem TiCl_3	entspricht H_2O_2	gefunden		
					H_2O_2	in der an-gewandten Lösung				H_2O_2	in der an-gewandten Lösung	
	ccm	ccm	mg	mg	mg	%	ccm	mg	mg	mg	%	
3 %ige H_2O_2 -Lösung aus Mæcckschem „Perhydrol“ hergestellt	1.0	15.30	1.7516	26.799	2.68		10.65	1.2784	13.615	2.72		
desgleichen	1.0	15.30	1.7516	26.799	2.68		10.65 ³⁾	1.2784	13.615	2.72		
„	0.5	7.80	1.7516	13.662	2.73		11.50 ³⁾	1.2145	13.966	2.79		
3 %ige H_2O_2 -Lösung aus Kahlbaumschem „Wasserstoffsuperoxyd, 10fach,“ hergst.	1.0	15.40	1.7516	26.975	2.70		10.70	1.2784	13.679	2.74		
desgleichen	1.0	15.45	1.7516	27.062	2.71		10.70 ³⁾	1.2784	13.679	2.74		
„	0.5	8.95	1.7516	15.677	3.14		13.20 ³⁾	1.2145	16.031	3.21		

¹⁾ 10 ccm werden auf 100 bzw. 200 ccm verdünnt und davon 10 ccm titriert.

²⁾ Die angewandte Menge betrug hier regelmässig 0.5 ccm.

³⁾ Unter Zusatz von 5 ccm H_2SO_4 (1:4) titriert.

Verhältnis 63.57:17 durch 3.7394 zu dividieren oder mit 0.2675 zu multiplizieren.

Die in Abschnitt 2 erwähnte störende Wirkung von Nitraten tritt bei der hier benutzten Arbeitsweise nicht ein.

6. Zusammenfassung und kurze Beschreibung der Arbeitsweise.

Für die früher (Landw. Vers.-Stat. Bd. 84, S.143) zur Untersuchung von Kupfervitriolen vorgeschlagene Titantrichloridmethode wurden einige Änderungen und Vereinfachungen empfohlen. Ihre Anwendbarkeit bei der Bestimmung des durch Zucker ausgeschiedenen Kupferoxyduls, des Eisens in Eisenvitriolen und des Wasserstoffsuperoxyds wurde nachgewiesen. Die erforderliche Apparatur, die sich ziemlich einfach gestalten lässt, wurde durch eine Skizze verdeutlicht.

Die Arbeitsweise ist nach den bisher gemachten Erfahrungen zweckmässig wie folgt zu gestalten:

I. Erforderliche Lösungen: 1. Titantrichloridlösung: Verdünnen von je 75 ccm der 15 %igen käuflichen Lösung vom spez. Gewicht 1.27 zu 1 l. 2. Rhodankaliumlösung: Lösen von 100 g zu 1 l. 3. $\frac{1}{10}$ -n. Eisenchloridlösung: 27.0 g $\text{Fe}_2\text{Cl}_6 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ zu 1 l. 4. $\frac{1}{100}$ -n. Kupfervitriollösung: 2.4973 g reinstes kristallisiertes $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ zu 1 l.

II. Stellen des Titors: Zu 50 ccm der $\frac{1}{100}$ -n. Kupfervitriollösung in 250 ccm-Erlenmeyer 20 ccm 10 %ige Salzsäure und einige Bimssteinstückchen zugeben, 5 Minuten kochen, nach Aufsetzen von doppelt durchbohrtem Kautschukstopfen CO_2 einleiten, durch fließenden Wasserstrahl unter Umschwenken abkühlen, 5 ccm Rhodankaliumlösung und 0.10 ccm $\frac{1}{10}$ -n. Eisenchloridlösung zugeben und unter Einleiten von CO_2 (s. Fig. 2 auf S. 193) mit TiCl_3 -Lösung unter Verwendung der auf Seite 199 beschriebenen 25 ccm-Bürette titrieren, bis Umschlag in milchweiss erfolgt. 31.783 dividiert durch Zahl der verbrauchten Kubikzentimeter, nach Abzug der von 0.10 ccm FeCl_3 -Lösung verbrauchten Menge = Titer in Milligramm Cu.

III. Kupferbestimmung in Vitriolen des Handels: 10 g in 200 ccm heissem Wasser im Becherglas lösen, 10 ccm einer 10 %igen NH_4Cl -Lösung und 2—3 ccm 3 %iges H_2O_2 zugeben, ammoniakalisch machen, 5 Minuten kochen, in einen 1000 ccm-Kolben abfiltrieren, Niederschlag in etwas heisser Salz-

säure lösen, nochmals mit NH_3 fällen und Filtrat samt Waschwasser mit der zuerst erhaltenen Lösung vereinigen. Der Niederschlag kann zur Eisenbestimmung verwendet und nach dem Lösen in HCl mit TiCl_3 titriert werden. Von der aufgefüllten Kupferlösung $25 \text{ ccm} = 0.25 \text{ g}$ Substanz wie unter II behandeln. Verbrauchte Kubikzentimeter, abzüglich des Verbrauchs für FeCl_3 mal Cu-Titer mal 400 = Cu-Gehalt in Prozenten.

Etwa auftretendes Schlieren der Pipette ist zu beachten und durch Ausspülen mit Alkohol zu beseitigen.

IV. Titrieren des bei Zuckerbestimmungen durch FEHLINGSche Lösung ausgeschiedenen Kupfers:

Nach der für die betreffende Zuckerart vorgeschriebenen Kochdauer abfiltrieren des Cu_2O durch Porzellan-Gooch- oder besser Gold-Neubauer-Tiegel und Auswaschen mit heissem Wasser. Im Fällungsgefäß, das nicht quantitativ ausgewaschen zu werden braucht, erhitzen von $100 \text{ ccm } 10\%$ igem HCl , siedend heiss in den auf die Kautschuknutsche einer zweiteiligen Saugflasche¹⁾ gesetzten Tiegel bringen, wobei das Trichterrohr der Nutsche in ein in die Saugflasche gestelltes 200 ccm -Kölbchen ragt (s. Fig. 3, S. 211), bei Asbesttiegel umrühren mit kurzem Glasstab, nach dem Lösen des Cu_2O -Niederschlags absaugen, mit dem Rest der erwärmten Salzsäure nachspülen und auswaschen. Kölbchen mit Lösung (halbgefüllt) über Nacht (rund 15 Stunden) stehen lassen, dann auffüllen und 50 ccm der Lösung wie unter II titrieren. Ist rasche Bestimmung nötig, so sind den 50 Kubikzentimetern der Lösung vor dem Kochen mit $\text{HCl } 2\text{--}3 \text{ ccm } 3\%$ iges H_2O_2 zuzugeben. Das verwendete H_2O_2 ist auf Nitrate zu prüfen.

V. Untersuchung von Eisenvitriolen des Handels:

- a) Bestimmung von Eisenoxyd neben Eisenoxydul: 10 g Eisenvitriol mit $5 \text{ g } (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ im Literkolben mit Wasser unter Zusatz von $50 \text{ ccm } 10\%$ iger HCl lösen. $100 \text{ ccm} = 1 \text{ g}$ Substanz in 250 ccm -Erlenmeyer mit $20 \text{ ccm } 10\%$ iger HCl versetzen, 5 Minuten kochen, unter CO_2 -Einleiten abkühlen, etwa 1 ccm Rhodankaliumlösung zugeben und wie unter II titrieren. $\text{Cu-Titer} \times 0.8785 = \text{Fe-Titer}$.

¹⁾ Die zweiteilige Saugflasche ist auch bei Glyzerinbestimmungen in Südweinen verwendbar.

- b) Bestimmung des Gesamteisens: 50 ccm der Lösung = 0.5 g Substanz mit 20 ccm 10 %iger HCl und 5 ccm 3 %igem H_2O_2 versetzen, 5 Minuten kochen und wie unter a) angegeben titrieren.

VI. Bestimmung von Wasserstoffsuperoxyd: 10 ccm von der 3 %igen Lösung oder der auf einen Gehalt von etwa 3 % verdünnten konzentrierten H_2O_2 -Präparate mit Wasser auf 100 ccm verdünnen, 10 ccm dieser verdünnten Lösung mit 5 ccm H_2SO_4 (1:4) versetzen und mit TiCl_3 bis zur Entfärbung titrieren. $\text{Cu-Titer} \times 0.2675 = \text{H}_2\text{O}_2\text{-Titer}$.

Augustenberg i. Baden, März 1917.

Die Anwendbarkeit der Wahrscheinlichkeitsrechnung bei Feldversuchen.

Von

Dr. M. GÓRSKI und M. STEFANIÓW.

Die Fehlerwahrscheinlichkeitsrechnung ist in der letzten Zeit von vielen Seiten bei den Feldversuchen angewandt worden. Trotzdem hat man der prinzipiellen Frage, ob man die Wahrscheinlichkeitsrechnung bei den landwirtschaftlichen Feldversuchen anwenden darf, wenig Beachtung geschenkt.

Abgesehen von den diesbezüglichen Versuchen von TH. PFEIFFER und E. BLANCK,¹⁾ bei welchen meiner Meinung nach die Anzahl der Versuchsparzellen entschieden zu klein war und den Versuchen von TH. REMY,²⁾ die nicht besonders beweiskräftig sind, da sie nicht unter gleichartigen Verhältnissen durchgeführt wurden, bleiben noch die wohl wenig bekannten, aber sehr wertvollen Untersuchungen von E. ZALESKI,³⁾ die aber leider nicht im ganzen Umfange veröffentlicht wurden; schliesslich seien hier erwähnt die sehr exakt ausgeführten Versuche von TULAJKOW.⁴⁾

Aber erst in der letzten Zeit ist an dieser Stelle die ausführliche Arbeit von P. EHRENBURG⁵⁾ erschienen, in welcher an eigenen Versuchen und an denen von W. B. MERCER und A. D. HALL⁶⁾ in sehr übersichtlicher Weise die Anpassung der erreichten Resultate an das Fehlerwahrscheinlichkeitsgesetz gezeigt wurde.

¹⁾ Landw. Versuchs-Stationen Bd. 83, S. 331 (1914).

²⁾ Landw. Jahrbücher Bd. 43, S. 453 (1912).

³⁾ Anleitung zur Ausführung vergl. Versuche mit verschiedenen Zuckerrübensorten; aus dem Polnischen vom Verfasser übersetzt. 2. Ausgabe, Krakau 1912.

⁴⁾ Russisches Journal d. experim. Landwirtschaft 1913.

⁵⁾ Landw. Versuchs-Stationen Bd. 87, S. 29 (1915).

⁶⁾ Journal of Agricultural Science Bd. 4, S. 107 (1911).

Obwohl P. EHRENBERG ein sehr umfangreiches Material darbietet, so betrachtet er doch seine Arbeit als den „Versuch eines Beweises für die Anwendbarkeit der Wahrscheinlichkeitsrechnung bei Feldversuchen“. Über das Gelingen dieses Beweises äussert er sich wie folgend: „Dem allgemeinen Gebrauch in der Wissenschaft entsprechend, dass ein an grösserem Beweismaterial einwandfrei gewonnener Schluss bis zur Führung eines Gegenbeweises als allgemeingültig angenommen wird, könnte ich mit meinen Ausführungen und zahlenmässigen Darlegungen den Nachweis als gebracht ansehen, dass allgemein die Werte von Feldversuchen dem GAUSSschen Gesetze folgen, und dass die Wahrscheinlichkeitsrechnung daher allgemein bei ihnen angewandt werden kann. Ich will nicht so weit gehen. Noch umfangreicher sollen die Vertreter der Anwendbarkeit der Wahrscheinlichkeitsrechnung das vorliegende Material gestalten, bevor sie, dann aber auch mit zweifellosem Recht, allgemeine Anwendung der Wahrscheinlichkeitsrechnung auch bei Feldversuchen als wissenschaftliche Notwendigkeit fordern.“

Unsere Versuche¹⁾ sollen eben das weitere Material zur Prüfung des GAUSSschen Fehlerwahrscheinlichkeitsgesetzes bei Feldversuchen bilden.

Die Versuche wurden auf den Feldern des Gutes Dublany ausgeführt, und zwar die eine Serie auf dem lehmigen Sand, und die andere auf dem Lössboden. Als Versuchspflanze diente Hafer.

Der Versuch auf dem lehmigen Sandboden.

Auf diesem Felde, der mit Früh-Hafer „Rychlik mikulicki“ besäet wurde, haben wir 200 Parzellen von je 9 qm abgemessen und an einem Tage mit Sichel geerntet. Zwei Tage nachher wurde die Ernte jeder Parzelle bestimmt. Leider konnten wir aus von uns unabhängigen Gründen die Ernten von den Parzellen Nr. 161, 163, 182 nicht bestimmen, so dass zur Verarbeitung nur die Ernten aus 197 (statt 200) Parzellen gelangten.

Aus den erhaltenen Ernteergebnissen wurde zuerst das arimethrische Mittel gebildet und dann Abweichungen vom Ge-

¹⁾ Die Resultate dieser Versuche werden in viel breiterem Umfange in „Roczniki nauk rolniczych“ publiziert.

samtmittel berechnet. Der wahrscheinliche Fehler wurde aus dem mittleren nach der Formel berechnet

$$r = 0.674 \cdot \sqrt{\frac{\sum v^2}{n-1}},$$

wo $\sum v^2$ die Summe aller Abweichungen ohne Rücksicht auf das Vorzeichen, n die Anzahl der Beobachtungen bedeutet.

Die Ernteergebnisse mit entsprechenden Berechnungen stelle ich tabellarisch dar. Dabei wurde mir die sehr übersichtliche Darstellungsweise von P. EHRENBURG¹⁾ zum Vorbild. Die nun folgende Tabelle I ist so zusammengestellt, dass sie jeder weiteren Erklärung entbehrt.

Tabelle I.
Ernte-Ergebnisse. Lehmiger Sandboden.

Nummer der Parzelle	Ernte in Kilogramm	Abweichung vom Gesamtmittel	Wievielte Abweichung mit dem Vorzeichen			Die Abweichung liegt innerhalb der				
						1-	2-	3-	4-	5fachen
			+	-	±	wahrscheinl. Schwankung, welche beträgt:				
						0.55	1.10	1.65	2.20	2.75
1	5.10	- 0.72		1			x	x	x	x
2	5.70	- 0.12		2		x	x	x	x	x
3	3.90	- 1.92		3				x	x	x
4	4.40	- 1.42		4				x	x	x
5	6.20	+ 0.38	1			x	x	x	x	x
6	5.10	- 0.72		5			x	x	x	x
7	5.20	- 0.62		6			x	x	x	x
8	6.70	+ 0.88	2				x	x	x	x
9	8.30	+ 2.48	3							x
10	6.00	+ 0.18	4			x	x	x	x	x
11	5.10	- 0.72		7			x	x	x	x
12	4.50	- 1.32		8				x	x	x
13	4.00	- 1.82		9				x	x	x
14	4.50	- 1.32		10			x	x	x	x
15	5.00	- 0.82		11			x	x	x	x
16	4.80	- 1.02		12			x	x	x	x
17	5.00	- 0.82		13			x	x	x	x
18	6.20	+ 0.38	5			x	x	x	x	x
19	6.85	+ 1.03	6				x	x	x	x
20	6.00	+ 0.18	7			x	x	x	x	x
21	6.40	+ 0.58	8				x	x	x	x
22	4.60	- 1.22		14				x	x	x
23	4.70	- 1.12		15				x	x	x

¹⁾ l. c.

Nummer der Parzelle	Ernte in Kilogramm	Abweichung vom Gesamtmittel	Wievielte Abweichung mit dem Vorzeichen			Die Abweichung liegt innerhalb der				
						1-	2-	3-	4-	5fachen
			+	-	±	wahrscheinl. Schwankung, welche beträgt:				
						0.55	1 10	1.65	2.20	2.75
24	5.00	- 0.82		16			x	x	x	x
25	6.00	+ 0.18	9			x	x	x	x	x
26	5.20	- 0.62		17			x	x	x	x
27	5.65	- 0.17		18		x	x	x	x	x
28	5.65	- 0.17		19		x	x	x	x	x
29	5.90	+ 0.08	10			x	x	x	x	x
30	5.40	- 0.42		20		x	x	x	x	x
31	5.30	- 0.52		21		x	x	x	x	x
32	3.95	- 1.87		22				x	x	x
33	4.35	- 1.47		23				x	x	x
34	4.10	- 1.72		24				x	x	x
35	5.10	- 0.72		25			x	x	x	x
36	5.50	- 0.32		26		x	x	x	x	x
37	5.90	+ 0.08	11			x	x	x	x	x
38	5.70	- 0.12		27		x	x	x	x	x
39	5.65	- 0.17		28		x	x	x	x	x
40	5.30	- 0.52		29		x	x	x	x	x
41	5.55	- 0.27		30		x	x	x	x	x
42	5.50	- 0.32		31		x	x	x	x	x
43	5.25	- 0.57		32			x	x	x	x
44	4.35	- 1.47		33				x	x	x
45	4.75	- 1.07		34			x	x	x	x
46	6.20	+ 0.38	12			x	x	x	x	x
47	5.50	- 0.32		35		x	x	x	x	x
48	6.20	+ 0.38	13			x	x	x	x	x
49	6.45	+ 0.63	14				x	x	x	x
50	5.70	- 0.12		36		x	x	x	x	x
51	5.40	- 0.42		37		x	x	x	x	x
52	4.05	- 1.77		38				x	x	x
53	4.70	- 1.12		39				x	x	x
54	6.70	+ 0.88	15				x	x	x	x
55	4.95	- 0.87		40			x	x	x	x
56	4.30	- 1.52		41				x	x	x
57	5.90	+ 0.08	16			x	x	x	x	x
58	4.90	- 0.92		42			x	x	x	x
59	7.35	+ 1.53	17					x	x	x
60	5.30	- 0.52		43		x	x	x	x	x
61	6.15	+ 0.33	18			x	x	x	x	x
62	5.20	- 0.62		44			x	x	x	x
63	4.20	- 1.62		45				x	x	x
64	5.05	- 0.77		46			x	x	x	x
65	6.05	+ 0.23	19			x	x	x	x	x
66	5.00	- 0.82		47			x	x	x	x
67	5.75	- 0.07		48		x	x	x	x	x
68	5.80	- 0.02		49		x	x	x	x	x

Nummer der Parzelle	Ernte in Kilogramm	Abweichung vom Gesamtmittel	Wievielte Abweichung mit dem Vorzeichen			Die Abweichung liegt innerhalb der				
			+	—	±	1-	2-	3-	4-	5fachen
						wahrscheinl. Schwankung, welche beträgt:				
						0.55	1.10	1.65	2.20	2.75
69	5.20	— 0.62		50			x	x	x	x
70	5.55	— 0.27		51		x	x	x	x	x
71	4.90	— 0.92		52			x	x	x	x
72	6.10	+ 0.28	20			x	x	x	x	x
73	5.10	— 0.72		53			x	x	x	x
74	6.10	+ 0.28	21			x	x	x	x	x
75	5.90	+ 0.08	22			x	x	x	x	x
76	5.60	— 0.22		54		x	x	x	x	x
77	5.95	+ 0.13	23			x	x	x	x	x
78	4.90	— 0.92		55			x	x	x	x
79	5.50	— 0.32		56		x		x	x	x
80	6.40	+ 0.58	24				x	x	x	x
81	5.30	— 0.52		57		x	x	x	x	x
82	5.75	— 0.07		58		x	x	x	x	x
83	6.50	+ 0.68	25				x	x	x	x
84	5.40	— 0.42		59		x	x	x	x	x
85	6.20	+ 0.38	26			x	x	x	x	x
86	5.40	— 0.42		60		x	x	x	x	x
87	5.70	— 0.12		61		x	x	x	x	x
88	5.90	+ 0.08	27			x	x	x	x	x
89	6.85	+ 1.03	28				x	x	x	x
90	5.70	— 0.12		62		x	x	x	x	x
91	6.05	+ 0.23	29			x	x	x	x	x
92	5.25	— 0.57		63			x	x	x	x
93	6.30	+ 0.48	30			x	x	x	x	x
94	5.40	— 0.42		64		x	x	x	x	x
95	5.95	+ 0.13	31			x		x	x	x
96	5.15	— 0.67		65			x	x	x	x
97	6.40	+ 0.58	32				x	x	x	x
98	5.60	— 0.22		66		x	x	x	x	x
99	6.30	+ 0.48	33			x	x	x	x	x
100	5.60	— 0.22		67		x	x	x	x	x
101	6.70	+ 0.88	34				x	x	x	x
102	5.00	— 0.82		68			x	x	x	x
103	5.95	+ 0.13	35			x	x	x	x	x
104	6.60	+ 0.78	36				x	x	x	x
105	5.25	— 0.57		69			x	x	x	x
106	6.15	+ 0.33	37			x	x	x	x	x
107	6.20	+ 0.38	38			x	x	x	x	x
108	6.20	+ 0.38	39			x	x	x	x	x
109	5.60	+ 0.78	40				x	x	x	x
110	5.55	— 0.27		70		x	x	x	x	x
111	6.30	+ 0.48	41			x	x	x	x	x
112	5.50	— 0.32		71		x	x	x	x	x
113	4.50	— 1.32		72				x	x	x

Nummer der Parzelle	Ernte in Kilogramm	Abweichung vom Gesamtmittel	Wievielte Abweichung mit dem Vorzeichen			Die Abweichung liegt innerhalb der				
						1-	2-	3-	4-	5fachen
			+	-	±	wahrscheinl. Schwankung, welche beträgt:				
						0.55	1.10	1.65	2.20	2.75
114	6.25	+ 0.43	42			x	x	x	x	x
115	5.70	- 0.12		73		x	x	x	x	x
116	5.40	- 0.42		74		x	x	x	x	x
117	6.60	+ 0.78	43				x	x	x	x
118	7.40	+ 1.58	44					x	x	x
119	7.15	+ 1.33	45					x	x	x
120	5.40	- 0.42		75		x	x	x	x	x
121	6.30	+ 0.48	46			x	x	x	x	x
122	4.85	- 0.97		76			x	x	x	x
123	5.25	- 0.57		77			x	x	x	x
124	5.95	+ 0.13	47			x	x	x	x	x
125	6.85	+ 1.03	48				x	x	x	x
126	5.25	- 0.57		78			x	x	x	x
127	6.40	+ 0.58	49				x	x	x	x
128	6.80	+ 0.98	50				x	x	x	x
129	6.40	+ 0.58	51				x	x	x	x
130	5.40	- 0.42		79		x	x	x	x	x
131	6.70	+ 0.88	52				x	x	x	x
132	5.20	- 0.62		80			x	x	x	x
133	5.95	+ 0.13	53			x	x	x	x	x
134	5.70	- 0.12		81		x	x	x	x	x
135	6.70	+ 0.88	54				x	x	x	x
136	6.40	+ 0.58	55				x	x	x	x
137	6.40	+ 0.58	56				x	x	x	x
138	7.30	+ 1.48	57					x	x	x
139	6.70	+ 0.88	58				x	x	x	x
140	6.50	+ 0.68	59				x	x	x	x
141	5.25	- 0.57		82			x	x	x	x
142	5.30	- 0.52		83		x	x	x	x	x
143	6.05	+ 0.23	60			x	x	x	x	x
144	5.55	- 0.27		84		x	x	x	x	x
145	6.20	+ 0.38	61			x	x	x	x	x
146	6.20	+ 0.38	62			x	x	x	x	x
147	5.80	- 0.02		85		x	x	x	x	x
148	6.70	+ 0.88	63				x	x	x	x
149	5.85	+ 0.03	64			x	x	x	x	x
150	6.45	+ 0.63	65				x	x	x	x
151	4.90	- 0.92		86			x	x	x	x
152	5.85	+ 0.03	66			x	x	x	x	x
153	5.95	+ 0.13	67			x	x	x	x	x
154	5.60	- 0.22		87		x	x	x	x	x
155	5.85	+ 0.03	68			x	x	x	x	x
156	6.40	+ 0.58	69				x	x	x	x
157	5.95	+ 0.13	70			x	x	x	x	x
158	6.60	+ 0.78	71				x	x	x	x

Nummer der Parzelle	Ernte in Kilogramm	Abweichung vom Gesamtmittel	Wievielte Abweichung mit dem Vorzeichen			Die Abweichung liegt innerhalb der					
						1-	2-	3-	4-	5-	6fachen
						wahrscheinl. Schwankung, welche beträgt:					
			+	-	±	0.55	1.10	1.65	2.20	2.75	3.30
159	6.40	+ 0.58	72								
160	7.20	+ 1.92	73								
161											
162	5.45	- 0.37		88							
163											
164	5.90	+ 0.08	74								
165	7.80	+ 1.98	75								
166	6.70	+ 0.88	76								
167	7.00	+ 1.18	77								
168	8.90	+ 3.08	78								
169	7.30	+ 1.48	79								
170	6.90	+ 1.08	80								
171	4.80	- 1.02		89							
172	6.00	+ 0.18	81								
173	4.55	- 1.27		90							
174	6.35	+ 0.53	82								
175	5.80	- 0.02		91							
176	6.15	+ 0.33	83								
177	7.15	+ 1.33	84								
178	7.00	+ 1.18	85								
179	6.80	+ 0.98	86								
180	5.45	- 0.37		92							
181	5.45	- 0.37		93							
182											
183	7.10	+ 1.28	87								
184	6.10	+ 0.28	88								
185	6.15	+ 0.33	89								
186	6.15	+ 0.33	90								
187	6.50	+ 0.68	91								
188	6.35	+ 0.53	92								
189	6.85	+ 1.03	93								
190	6.30	+ 0.48	94								
191	5.85	+ 0.03	95								
192	7.00	+ 1.18	96								
193	5.50	- 0.32		94							
194	5.20	- 0.62		95							
195	5.95	+ 0.13	97								
196	6.15	+ 0.33	98								
197	5.75	- 0.07		96							
198	5.90	+ 0.08	99								
199	6.40	+ 0.58	100								
200	6.25	+ 0.43	101								
Mittel:	5.82		Zusammen:			99	166	188	195	196	197

Die wahrscheinliche Schwankung des Mittels beträgt 0.039
 Die wahrscheinliche Schwankung der Einzelbeobachtung beträgt . . . 0.55

				Berechnet	Gefunden
Es liegen die Abweichungen vom Mittel innerhalb					
der einfachen wahrscheinl. Schwankung des					
Einzelsversuches bei				98.5	99
desgl. der doppelten wahrscheinl. Schwankung . .				162.0	166
"	"	dreifachen	"	188.0	188
"	"	vierfachen	"	195.0	195
"	"	fünffachen	"	197.0	196
"	"	sechsfachen	"	197.0	197

Der Versuch auf dem Lössboden.

Dieses Feld wurde mit Hafer „Ligowo“ besät. Die Anzahl der Versuchs-Parzellen, die auch 9 qm gross waren, ist hier grösser als in vorherigem Versuch und beträgt 300. Die Ernte, sowie die Wägung erfolgte auf dieselbe Weise wie im ersten Versuche, so dass sich hier jede weitere Beschreibung erübrigt und ich lasse die tabellarische Darstellung folgen (s. Tabelle II).

Tabelle II.
Ernte-Ergebnisse. Lössboden.

Nummer der Parzelle	Ernte in Kilogramm	Abweichung vom Gesamtmittel	Wievielte Abweichung mit dem Vorzeichen			Die Abweichung liegt innerhalb der				
						1-	2-	3-	4-	5 fachen
			+	-	±	wahrscheinl. Schwankung, welche beträgt:				
						0.69	1.38	2.07	2.76	3.45
1	9.00	+ 0.81	1				x	x	x	x
2	8.80	+ 0.61	2			x	x	x	x	x
3	10.55	+ 2.36	3					x	x	x
4	9.20	+ 1.01	4				x	x	x	x
5	8.80	+ 0.61	5			x	x	x	x	x
6	9.00	+ 0.81	6				x	x	x	x
7	9.20	+ 1.01	7				x	x	x	x
8	9.55	+ 1.36	8				x	x	x	x
9	10.70	+ 2.51	9						x	x
10	9.80	+ 1.61	10					x	x	x
11	10.35	+ 2.16	11						x	x
12	10.30	+ 2.11	12						x	x
13	11.50	+ 3.31	13							x
14	10.15	+ 1.96	14					x	x	x
15	10.25	+ 2.06	15					x	x	x
16	8.00	- 0.19		1		x	x	x	x	x

Nummer der Parzelle	Ernte in Kilogramm	Abweichung vom Gesamtmittel	Wievielte Abweichung mit dem Vorzeichen			Die Abweichung liegt innerhalb der				
						1-	2-	3-	4-	5fachen
			+	-	±	wahrscheinl. Schwankung, welche beträgt:				
						0.69	1.38	2.07	2.76	3.45
17	8.40	+ 0.21	16			x	x	x	x	x
18	9.00	+ 0.81	17				x	x	x	x
19	8.35	+ 0.16	18			x	x	x	x	x
20	8.35	+ 0.16	19			x	x	x	x	x
21	8.10	- 0.09		2		x	x	x	x	x
22	8.35	+ 0.16	20			x	x	x	x	x
23	9.00	+ 0.81	21				x	x	x	x
24	9.10	+ 0.91	22				x	x	x	x
25	8.45	+ 0.26	23			x	x	x	x	x
26	9.15	+ 0.96	24				x	x	x	x
27	7.95	- 0.24		3		x	x	x	x	x
28	8.80	+ 0.61	25			x	x	x	x	x
29	9.55	+ 1.36	26				x	x	x	x
30	8.05	- 0.14		4		x	x	x	x	x
31	9.55	+ 1.36	27				x	x	x	x
32	9.70	+ 1.51	28					x	x	x
33	10.30	+ 2.11	29						x	x
34	9.75	+ 1.56	30					x	x	x
35	8.10	- 0.09		5		x	x	x	x	x
36	11.00	+ 2.81	31						x	x
37	9.30	+ 1.11	32				x	x	x	x
38	8.85	+ 0.66	33			x	x	x	x	x
39	9.75	+ 1.56	34					x	x	x
40	9.90	+ 1.71	35					x	x	x
41	9.20	+ 1.01	36				x	x	x	x
42	8.25	+ 0.06	37			x	x	x	x	x
43	9.15	+ 0.96	38				x	x	x	x
44	9.55	+ 1.36	39				x	x	x	x
45	10.00	+ 1.81	40					x	x	x
46	9.55	+ 1.36	41				x	x	x	x
47	8.85	+ 0.66	42			x	x	x	x	x
48	9.45	+ 1.26	43				x	x	x	x
49	7.30	- 0.89		6			x	x	x	x
50	8.75	+ 0.56	44			x	x	x	x	x
51	11.30	+ 3.11	45						x	x
52	9.60	+ 1.41	46					x	x	x
53	10.15	+ 1.96	47					x	x	x
54	10.45	+ 2.26	48						x	x
55	10.35	+ 2.16	49						x	x
56	8.65	+ 0.46	50			x	x	x	x	x
57	9.75	+ 1.56	51					x	x	x
58	9.75	+ 1.56	52					x	x	x
59	9.30	+ 1.11	53				x	x	x	x
60	9.30	+ 1.11	54				x	x	x	x
61	8.30	+ 0.11	55			x	x	x	x	x

Nummer der Parzelle	Ernte in Kilogramm	Abweichung vom Gesamtmittel	Wievielte Abweichung mit dem Vorzeichen			Die Abweichung liegt innerhalb der				
						1-	2-	3-	4-	5fachen
			+	-	±	wahrscheinl. Schwankung, welche beträgt:				
						0.69	1.38	2.07	2.76	3.45
62	9.80	+ 1.61	56					x	x	x
63	8.50	+ 0.31	57			x	x	x	x	x
64	8.30	+ 0.11	58			x	x	x	x	x
65	7.60	- 0.59		7		x	x	x	x	x
66	8.00	- 0.19		8		x	x	x	x	x
67	7.50	- 0.69		9		x	x	x	x	x
68	9.70	+ 1.51	59					x	x	x
69	8.10	- 0.09		10		x	x	x	x	x
70	8.90	+ 0.71	60				x	x	x	x
71	9.50	+ 1.31	61				x	x	x	x
72	9.60	+ 1.41	62					x	x	x
73	8.20	+ 0.01	63			x	x	x	x	x
74	10.50	+ 2.31	64					x	x	x
75	10.10	+ 1.91	65					x	x	x
76	7.80	+ 0.39	66			x	x	x	x	x
77	8.05	+ 0.14	67			x	x	x	x	x
78	8.85	- 0.66		11		x	x	x	x	x
79	9.20	+ 1.01	68				x	x	x	x
80	8.65	+ 0.46	69			x	x	x	x	x
81	7.90	- 0.29		12		x	x	x	x	x
82	7.80	- 0.39		13		x	x	x	x	x
83	7.55	- 0.64		14		x	x	x	x	x
84	8.40	+ 0.21	70			x	x	x	x	x
85	8.30	+ 0.11	71			x	x	x	x	x
86	7.60	- 0.59		15		x	x	x	x	x
87	7.50	- 0.69		16			x	x	x	x
88	6.90	- 1.29		17			x	x	x	x
89	7.55	- 0.64		18		x	x	x	x	x
90	8.30	+ 0.11	72			x	x	x	x	x
91	5.70	- 2.49		19				x	x	x
92	6.50	- 1.69		20				x	x	x
93	7.50	- 0.69		21		x	x	x	x	x
94	7.90	- 0.29		22		x	x	x	x	x
95	8.20	+ 0.01	73			x	x	x	x	x
96	7.80	- 0.39		23		x	x	x	x	x
97	8.10	- 0.09		24		x	x	x	x	x
98	10.70	+ 2.51	74					x	x	x
99	8.70	+ 0.51	75			x	x	x	x	x
100	7.50	- 0.69		25		x	x	x	x	x
101	7.20	- 0.99		26			x	x	x	x
102	7.00	- 1.19		27			x	x	x	x
103	8.10	- 0.09		28		x	x	x	x	x
104	8.80	+ 0.61	76			x	x	x	x	x
105	9.90	+ 1.71	77					x	x	x
106	8.80	+ 0.61	78			x	x	x	x	x

Nummer der Parzelle	Ernte in Kilogramm	Abweichung vom Gesamtmittel	Wievielte Abweichung mit dem Vorzeichen			Die Abweichung liegt innerhalb der				
			+	—	±	1-	2-	3-	4-	5fachen
						wahrscheinl. Schwankung, welche beträgt:				
						0.69	1.38	2.07	2.76	3.46
107	8.70	+ 0.51	79			x	x	x	x	x
108	9.35	+ 1.16	80				x	x	x	x
109	7.20	— 0.99		29			x	x	x	x
110	8.70	+ 0.51	81			x	x	x	x	x
111	7.80	— 0.39		30		x	x	x	x	x
112	8.20	+ 0.01	82			x	x	x	x	x
113	7.60	— 0.59		31		x	x	x	x	x
114	8.00	— 0.19		32		x	x	x	x	x
115	7.55	— 0.64		33		x	x	x	x	x
116	8.10	— 0.09		34		x	x	x	x	x
117	8.45	+ 0.26	83			x	x	x	x	x
118	7.05	— 1.14		35			x	x	x	x
119	7.40	— 0.79		36			x	x	x	x
120	8.45	+ 0.26	84			x	x	x	x	x
121	9.25	+ 1.06	85				x	x	x	x
122	8.10	— 0.09		37		x	x	x	x	x
123	7.60	— 0.59		38		x	x	x	x	x
124	8.10	— 0.09		39		x	x	x	x	x
125	7.80	— 0.39		40		x	x	x	x	x
126	6.85	— 1.34		41			x	x	x	x
127	7.60	— 0.59		42		x	x	x	x	x
128	8.60	+ 0.41	86			x	x	x	x	x
129	7.75	— 0.44		43		x	x	x	x	x
130	7.50	— 0.69		44			x	x	x	x
131	8.20	+ 0.01	87			x	x	x	x	x
132	7.60	— 0.59		45		x	x	x	x	x
133	7.35	— 0.84		46			x	x	x	x
134	8.00	— 0.19		47		x	x	x	x	x
135	8.80	+ 0.61	88			x	x	x	x	x
136	9.20	+ 1.01	89				x	x	x	x
137	7.50	— 0.69		48		x	x	x	x	x
138	7.45	— 0.74		49			x	x	x	x
139	7.95	— 0.24		50		x	x	x	x	x
140	7.75	— 0.44		51		x	x	x	x	x
141	7.10	— 1.09		52			x	x	x	x
142	7.00	— 1.19		53			x	x	x	x
143	8.30	+ 0.11	90			x	x	x	x	x
144	8.00	— 0.19		54		x	x	x	x	x
145	8.00	— 0.19		55		x	x	x	x	x
146	8.40	+ 0.21	91			x	x	x	x	x
147	6.90	— 1.29		56			x	x	x	x
148	7.40	— 0.79		57			x	x	x	x
149	7.60	— 0.59		58		x	x	x	x	x
150	8.90	+ 0.71	92				x	x	x	x
151	7.70	— 0.49		59		x	x	x	x	x

Nummer der Parzelle	Ernte in Kilogramm	Abweichung vom Gesamtmittel	Wievielte Abweichung mit dem Vorzeichen			Die Abweichung liegt innerhalb der				
						1-	2-	3-	4-	5fachen
			+	-	±	wahrscheinl. Schwankung, welche beträgt:				
						0.69	1.38	2.07	2.76	3.45
152	7.50	- 0.69		60			x	x	x	x
153	9.00	+ 0.81	93				x	x	x	x
154	9.30	+ 1.11	94				x	x	x	x
155	10.00	+ 1.81	95					x	x	x
156	8.20	+ 0.01	96			x	x	x	x	x
157	9.20	+ 1.01	97				x	x	x	x
158	9.00	+ 0.81	98				x	x	x	x
159	8.80	+ 0.61	99			x	x	x	x	x
160	9.20	+ 1.01	100				x	x	x	x
161	9.00	+ 0.81	101				x	x	x	x
162	9.50	+ 0.31	102				x	x	x	x
163	8.10	- 0.09		61		x	x	x	x	x
164	8.70	+ 0.51	103			x	x	x	x	x
165	9.45	+ 1.26	104				x	x	x	x
166	8.75	+ 0.56	105			x	x	x	x	x
167	8.50	+ 0.31	106			x	x	x	x	x
168	7.70	- 0.49		62		x	x	x	x	x
169	8.20	+ 0.01	107			x	x	x	x	x
170	7.90	- 0.29		63		x	x	x	x	x
171	7.90	- 0.29		64		x	x	x	x	x
172	6.60	- 1.59		65				x	x	x
173	8.90	+ 0.71	108				x	x	x	x
174	7.25	- 0.94		66			x	x	x	x
175	9.00	+ 0.81	109				x	x	x	x
176	8.80	+ 0.61	110			x	x	x	x	x
177	7.00	- 1.19		67			x	x	x	x
178	8.30	+ 0.11	111			x	x	x	x	x
179	7.10	- 1.09		68			x	x	x	x
180	8.80	+ 0.61	112			x	x	x	x	x
181	8.95	+ 0.76	113				x	x	x	x
182	9.60	+ 1.41	114					x	x	x
183	7.80	- 0.39		69		x	x	x	x	x
184	8.10	- 0.09		70		x	x	x	x	x
185	8.70	+ 0.51	115			x	x	x	x	x
186	7.20	- 0.99		71			x	x	x	x
187	7.70	- 0.49		72		x	x	x	x	x
188	7.40	- 0.79		73			x	x	x	x
189	7.50	- 0.69		74			x	x	x	x
190	7.50	- 0.69		75		x	x	x	x	x
191	8.10	- 0.09		76		x	x	x	x	x
192	7.60	- 0.59		77		x	x	x	x	x
193	8.80	+ 0.61	116			x	x	x	x	x
194	7.80	- 0.39		78		x	x	x	x	x
195	8.30	+ 0.11	117			x	x	x	x	x
196	7.10	- 1.09		79			x	x	x	x

Nummer der Parzelle	Ernte in Kilogramm	Abweichung vom Gesamtmittel	Wievielte Abweichung mit dem Vorzeichen			Die Abweichung liegt innerhalb der				
						1-	2-	3-	4-	5 fachen
			+	-	±	wahrscheinl. Schwankung, welche beträgt:				
						0.69	1.38	2.07	2.76	3.45
197	7.75	- 0.44		80		x	x	x	x	x
198	8.60	+ 0.41	118			x	x	x	x	x
199	8.20	+ 0.01	119			x	x	x	x	x
200	8.50	+ 0.31	120			x	x	x	x	x
201	7.10	- 1.09		81			x	x	x	x
202	7.80	- 0.39		82		x	x	x	x	x
203	7.50	- 0.69		83			x	x	x	x
204	6.90	- 1.29		84			x	x	x	x
205	6.60	- 1.59		85				x	x	x
206	7.90	- 0.29		86		x	x	x	x	x
207	7.30	- 0.89		87			x	x	x	x
208	7.60	- 0.59		88		x		x	x	x
209	8.10	- 0.09		89		x	x	x	x	x
210	8.20	+ 0.01	121			x	x	x	x	x
211	7.00	- 1.19		90			x	x	x	x
212	6.60	- 1.59		91				x	x	x
213	8.95	+ 0.76	122				x	x	x	x
214	8.45	+ 0.26	123			x	x	x	x	x
215	8.30	+ 0.11	124			x	x	x	x	x
216	7.70	- 0.49		92		x	x	x	x	x
217	8.40	+ 0.21	125			x	x	x	x	x
218	7.55	- 0.64		93		x	x	x	x	x
219	7.75	- 0.44		94		x	x	x	x	x
220	7.80	- 0.39		95		x		x	x	x
221	6.95	- 1.24		96			x	x	x	x
222	7.30	- 0.89		97			x	x	x	x
223	7.35	- 0.84		98				x	x	x
224	7.50	- 0.69		99		x	x	x	x	x
225	7.60	- 0.59		100		x	x	x	x	x
226	7.90	- 0.29		101		x		x	x	x
227	7.10	- 1.09		102			x	x	x	x
228	8.50	+ 0.31	126			x	x	x	x	x
229	6.75	- 1.44		103				x	x	x
230	8.35	+ 0.16	127			x	x	x	x	x
231	7.35	- 0.84		104			x	x	x	x
232	6.80	- 1.39		105				x	x	x
233	7.45	- 0.74		106			x	x	x	x
234	6.45	- 1.74		107				x	x	x
235	7.20	- 0.99		108			x	x	x	x
236	7.30	- 0.89		109			x	x	x	x
237	8.70	+ 0.51	128			x	x	x	x	x
238	7.40	- 0.79		110			x	x	x	x
239	8.30	+ 0.11	129			x	x	x	x	x
240	7.80	- 0.39		111		x	x	x	x	x
241	6.95	- 1.24		112			x	x	x	x

Nummer der Parzelle	Ernte in Kilogramm	Abweichung vom Gesamtmittel	Wievielte Abweichung mit dem Vorzeichen			Die Abweichung liegt innerhalb der				
						1-	2-	3-	4-	5fachen
			+	-	±	wahrscheinl. Schwankung, welche beträgt:				
						0.69	1.38	2.07	2.76	3.45
242	7.75	- 0.44		113		x	x	x	x	x
243	7.80	- 0.39		114		x	x	x	x	x
244	7.70	- 0.49		115		x	x	x	x	x
245	8.50	+ 0.31	130			x	x	x	x	x
246	7.90	- 0.29		116		x	x	x	x	x
247	9.10	+ 0.91	131				x	x	x	x
248	6.95	- 1.24		117			x	x	x	x
249	6.70	- 1.49		118				x	x	x
250	6.35	- 1.84		119				x	x	x
251	7.20	- 0.99		120			x	x	x	x
252	7.60	- 0.59		121		x	x	x	x	x
253	6.55	- 1.64		122				x	x	x
254	8.00	- 0.19		123		x	x	x	x	x
255	7.20	- 0.99		124			x	x	x	x
256	8.60	+ 0.41	132			x	x	x	x	x
257	8.60	+ 0.41	133			x	x	x	x	x
258	6.60	- 1.59		125				x	x	x
259	7.30	- 0.89		126			x	x	x	x
260	5.65	- 2.54		127				x	x	x
261	7.90	- 0.29		128		x	x	x	x	x
262	6.80	- 1.39		129				x	x	x
263	7.50	- 0.69		130			x	x	x	x
264	7.30	- 0.89		131			x	x	x	x
265	6.30	- 1.89		132				x	x	x
266	6.70	- 1.49		133				x	x	x
267	6.30	- 1.89		134				x	x	x
268	6.60	- 1.59		135				x	x	x
269	7.90	- 0.29		136		x	x	x	x	x
270	7.20	- 0.99		137			x	x	x	x
271	8.50	+ 0.31	134			x	x	x	x	x
272	7.00	- 1.19		138			x	x	x	x
273	7.00	- 1.19		139			x	x	x	x
274	7.50	- 0.69		140		x	x	x	x	x
275	7.70	- 0.49		141		x	x	x	x	x
276	9.10	+ 0.91	135				x	x	x	x
277	7.30	- 0.89		142			x	x	x	x
278	7.70	- 0.49		143		x	x	x	x	x
279	7.30	- 0.89		144			x	x	x	x
280	7.60	- 0.59		145		x	x	x	x	x
281	7.60	- 0.59		146		x	x	x	x	x
282	6.55	- 1.64		147				x	x	x
283	7.60	- 0.59		148		x	x	x	x	x
284	7.95	- 0.24		149		x	x	x	x	x
285	7.90	- 0.29		150		x	x	x	x	x
286	7.40	- 0.79		151			x	x	x	x

Nummer der Parzelle	Ernte in Kilogramm	Abweichung vom Gesamtmittel	Wievielte Abweichung mit dem Vorzeichen			Die Abweichung liegt innerhalb der				
			+	—	±	1-	2-	3-	4-	5fachen
						wahrscheinl. Schwankung, welche beträgt:				
						0.69	1.38	2.07	2.76	3.45
287	7.60	— 0.59		152		×	×	×	×	×
288	6.30	— 1.89		163				×	×	×
289	7.30	— 0.89		154			×	×	×	×
290	7.70	— 0.49		155		×	×	×	×	×
291	8.20	+ 0.01	136			×	×	×	×	×
292	7.30	— 0.89		156			×	×	×	×
293	7.40	— 0.79		157			×	×	×	×
294	9.00	+ 0.81	137				×	×	×	×
295	8.20	+ 0.01	138			×	×	×	×	×
296	6.90	— 1.29		158			×	×	×	×
297	7.20	— 0.99		159			×	×	×	×
298	7.25	— 0.94		160			×	×	×	×
299	7.35	— 0.84		161			×	×	×	×
300	9.00	+ 0.81	139				×	×	×	×
Mittel:	8.19			Zusammen:		149	249	286	297	300

Die wahrscheinliche Schwankung des Mittels beträgt	0.040
Die wahrscheinliche Schwankung der Einzelbeobachtung beträgt . .	0.69

	Berechnet	Gefunden
Es liegen die Abweichungen vom Mittel innerhalb der einfachen wahrscheinl. Schwankung des Einzelversuches bei	150	149
desgl. der doppelten wahrscheinl. Schwankung . .	247	249
„ „ dreifachen „ „ . .	287	286
„ „ vierfachen „ „ . .	298	297
„ „ fünffachen „ „ . .	300	300

Wenn wir zuerst den ersten Versuch betrachten, so sehen wir, dass die erzielten Resultate sich sehr gut an das GAUSSSCHE Fehlergesetz anpassen. Die Anzahl der positiven und negativen Abweichungen ist nahezu gleich und auch die Grösse dieser Abweichungen stimmt gut überein mit den berechneten Werten. Wenn wir gleichzeitig die Grösse und das Vorzeichen der Abweichungen in Betracht ziehen, so ist auch in diesem Falle die Übereinstimmung mit dem GAUSSSCHE Fehlergesetze als genügend gut zu bezeichnen. Das zeigt uns in übersichtlicher Weise Tabelle III.

Tabelle III.

				Berechnet	Gefunden
Die Abweichungen liegen zwischen — 6 r und — 5 r				0.0	0
"	"	"	— 5 " " — 4 "	0.5	0
"	"	"	— 4 " " — 3 "	3.5	5
"	"	"	— 3 " " — 2 "	11.0	11

						Berechnet	Gefunden
Die Abweichungen liegen zwischen $-2r$ und $-1r$						33.5	33
"	"	"	"	"	"	± 0	47
"	"	"	"	"	"	$\pm 1r$	49.5
"	"	"	"	"	"	$\pm 2r$	34
"	"	"	"	"	"	$\pm 3r$	11
"	"	"	"	"	"	$\pm 4r$	2
"	"	"	"	"	"	$\pm 5r$	1
"	"	"	"	"	"	$\pm 6r$	1

Anders ist es in dem zweiten Versuch auf dem Lössboden. Was die Grösse der Abweichungen anbelangt, so ist hier die Übereinstimmung zwischen gefundenen und berechneten Werten sogar besser als im vorherigen Versuch. Wenn wir aber nicht auf die Grösse der Abweichungen, sondern auch auf das Vorzeichen Rücksicht nehmen, so sehen wir, dass hier nicht unbeträchtliche Abweichung von den theoretischen Forderungen zu konstatieren ist. Die Zahl der positiven und negativen Abweichungen soll gleich sein und in unserem Versuche je 150 betragen. In Wirklichkeit beträgt die Zahl der positiven Abweichungen 139, die Zahl der negativen 161. Der Unterschied zwischen dem gefundenen und berechneten Werte ist aber nicht so gross, dass man sagen kann, dass die Abweichungen dem GAUSSschen Gesetze nicht folgen, besonders wenn wir uns vergegenwärtigen, dass das GAUSSsche Fehlergesetz streng genommen nur für unendlich viele Beobachtungen seine volle Geltung besitzt.

Deswegen betrachten wir uns als berechtigt, auch in diesem letzten Versuche die genügende Anpassung an das GAUSSsche Fehlerwahrscheinlichkeits-Gesetz zu konstatieren.

Fassen wir unsere Versuchsergebnisse zusammen, so kommen wir zu dem Schluss, dass die Beobachtungsfehler (die Abweichungen vom Mittel) in unseren beiden Versuchen zufällige Fehler sind, zu welchen man mit vollem Recht die Wahrscheinlichkeitsrechnung anwenden darf. Damit wollen wir aber nicht sagen, dass das bei allen Feldversuchen der Fall ist. Wir nehmen aber an, dass wir nicht weit von der Wahrheit sein werden, wenn wir sagen, dass wir bei sorgfältig ausgeführten Feldversuchen, die auf gleichmässigem Boden angelegt wurden, nur mit zufälligen Fehlern zu tun haben.

Landw. Hochschule Dublany b. Lemberg,

15. Dezember 1916.

Mitteilung aus der Landw. Versuchsstation zu Danzig.

Butyrospermum Parkii, Illipe latifolia und I. malabrorum.

Ein Beitrag zur Unterscheidung der Pressrückstände dieser Samen.

Von

R. LUCKS, Botan. Assistent.

(Hierzu Tafel I—III und 11 Textabbildungen.)

Die durch die Verhältnisse des Krieges geschaffene Knappheit an landwirtschaftlichen Futtermitteln hat es leider mit sich gebracht, dass Rückstände und gewerbliche Abfallstoffe, die in Friedenszeiten als verdächtig oder gefährlich galten und meist vergeblich angeboten wurden, gegenwärtig recht häufig (in der Regel nach einer vorgenommenen schönen Namensänderung) auf den Markt gebracht werden. Hierher gehören auch die Rückstände von der Verarbeitung der Samen von Butyrospermum und Illipe, zweier zu den Sapotaceen¹⁾ gehöriger Pflanzengattungen, von denen die letztere unter dem Namen Bassia besser bekannt sein dürfte. Die genannten Samen enthalten in ihren Keimlingen eine beträchtliche Menge Fett (bis 50 %), das auf verschiedene Weise gewonnen wird und die sogenannte Schi- resp. Bassiabutter liefert, die zum Teil von den Eingeborenen der Heimatländer dieser Samen verbraucht, zum Teil in Europa zur Bereitung von Seife, Pflanzenbutter und dergl. verarbeitet wird. So bilden nach Voigt²⁾ die aus Indien stammenden Samen von

¹⁾ A. ENGLER und K. PRANTL, Die natürlichen Pflanzenfamilien, Band IV, Teil I, Sapotaceae.

²⁾ Prof. Dr. A. VOIGT, XX. Bericht über die Tätigkeit der Abteilung für Samenkontrolle, Hamburg.

Illipe latifolia einen regelmässigen Rohstoff für die europäische Industrie. Die Rückstände der Samen kommen unter verschiedenen Namen, wie Schinussmehl, Bassia-, Illipe-, Mowramehl usw. in den Handel. Von ihnen gilt das Mowramehl, das bei der Verarbeitung der Illipesamen abfällt, als giftig, wohl infolge seines hohen Saponingehaltes, der in der fettfreien Trockensubstanz 25 % und darüber beträgt,¹⁾ und deshalb zur tierischen Ernährung nicht ohne weiteres brauchbar, während man das Schinussmehl, von *Butyrospermum* herrührend, für weniger gefährlich hält. Da anzunehmen ist, dass diese beiden mehr oder weniger bedenklichen Ölkuchenmehle auch fernerhin von Zeit zu Zeit auf den Markt gelangen werden, so ist eine genaue Kenntnis der anatomischen Verhältnisse der genannten Samen notwendig, um die Identität der Kuchenmehle als solche, sowie

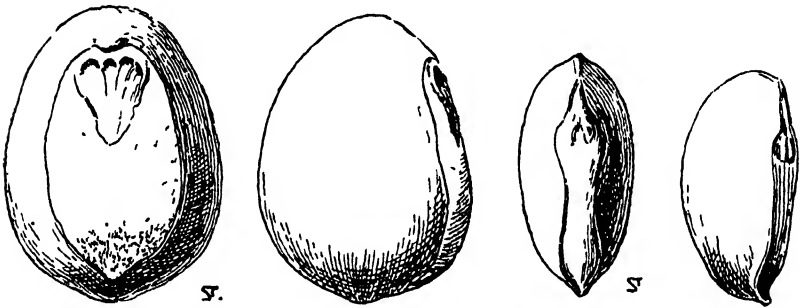


Fig. 4. *Butyrospermum Parkii Kotschy*. Nat. Gr.²⁾ Fig. 5. *Illipe longifolia* L. Nat. Gr.

die Benutzung derselben zur Verfälschung anderer, wertvoller Futtermittel feststellen zu können.

Die in der Literatur vorhandenen Angaben über diesen Gegenstand sind nur spärlich und bedürfen unseres Erachtens dringend einer Ergänzung und zum Teil auch Berichtigung. Verfasser unternahm es infolgedessen auf Anregung des Leiters der hiesigen Versuchsstation, Herrn Prof. Dr. SCHMÖGER, durch eigene Untersuchungen unsere diesbezüglichen Kenntnisse, wenn möglich, zu vervollständigen. Es wurde geplant, eine grössere Zahl der hierher gehörigen Samenarten einer vergleichenden

¹⁾ F. HONCAMP, M. REICH und H. ZIMMERMANN, Über Perillakuchen und Mowramehl. Landw. Versuchs-Stationen Bd. 78, 1912.

²⁾ Die Bildstöcke zu den Fig. 4—6 sind uns von Herrn Prof. Dr. A. VOIGT-Hamburg in freundlicher Weise zur Verfügung gestellt worden, wofür wir dem betr. Herrn an dieser Stelle bestens danken. Der Verf.

Untersuchung zu unterziehen. Von diesem Plane musste aber Abstand genommen werden, da die zu einer derartigen Untersuchung benötigten Samen leider nicht zu erhalten waren. Es gelangte nur wenig Material in meine Hände; aber die durch die Untersuchung desselben gewonnenen Resultate scheinen mir manches zu bieten, was wert zu veröffentlichen ist.

Ich möchte an dieser Stelle nicht verfehlen, dem Direktor des Königlichen Botanischen Gartens zu Dahlem, Herrn Prof. LINDAU, meinen Dank auszusprechen. Durch das liebenswürdige Entgegenkommen des genannten Herrn erhielt ich von dem dort selbst nur in geringer Menge vorhandenen und für bestimmte Zwecke benötigten Material zwei vollständige Samen von Butyrospermum Parkii, sowie einen Samen von Illipe malabrorum. Ausserdem besass ich Bruchstücke der Samen von Illipe latifolia, die ich der Güte des Herrn Geheimrat Prof. Dr. WITTMACK verdanke. An diesem allerdings etwas spärlichen Material habe ich die nachstehenden Untersuchungen vorgenommen.

I. Die Schinuss.

(Butyrospermum Parkii Kotschy.)

Die Samen der Schinuss (Fig. 4) gleichen bei oberflächlicher Betrachtung in hohem Masse denjenigen unserer Rosskastanie. Sie besitzen eine Länge von ca. 4 cm, eine Breite und Dicke von etwa 2.8 cm. Die nicht durch gegenseitigen Druck abgeplatteten Samen haben eine ziemlich regelmässige eiförmige Gestalt. Die Farbe der Samenschale ist hell lederbraun. Der grosse, breite Nabel ist matt und von hellerer Farbe, der übrige Teil der Schale glatt und glänzend. Bei Betrachtung mit der Lupe macht sie einen feingrubigen Eindruck. In den eben angegebenen Verhältnissen zeigen die Samenschalen aller Sapotaceen weitgehende Übereinstimmung, wie aus den ausgedehnten Untersuchungen RADLKOFERS¹⁾ über diese Pflanzenfamilie hervorgeht.

¹⁾ P. RADLKOFER, Über die Zurückführung von Omphalocarpus zu den Sapotaceen. Sitzungsber. d. Kgl. bair. Akademie d. Wissenschaften Bd. XII (1881), S. 263—344.

Derselbe, Über einige Sapotaceen, ebenda Bd. XIV (1884), S. 397—486
Versuchs-Stationen. XC.

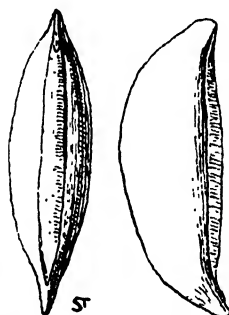


Fig. 6. Illipe latifolia Engler.
Nat. Gr.

Die Samenschale ist etwa 0.5 mm dick, die Nabelfläche ist merklich dicker. Infolge der stark sklerotisierten Zellen der mächtig entwickelten Mittelschicht besitzt die Schale eine grosse Brüchigkeit und Härte. Ihre Innenseite ist matt und rötlich-braun gefärbt und zum grossen Teil von breiten, weisslichen, verzweigten Gefässbündeln durchzogen, die beim Einschrumpfen des Keimlings zum Teil zerrissen werden, da die innere Partie derselben ziemlich fest an den Kotyledonen haftet.

Über den anatomischen Aufbau der Samenschale, der ebenfalls bei allen Sapotaceen grosse Übereinstimmung zeigt, geben die Abbildungen Fig. 12 und 13, Tafel I und Fig. 7, 8 und 9 Aufschluss. Infolge der Härte und Sprödigkeit der Schale von *Butyrospermum* lassen sich Schnitte nicht ohne weiteres durch dieselbe anfertigen. Eine vorausgehende Maceration anzuwenden schien mir mit Rücksicht auf die damit meist einhergehenden Veränderungen der anatomischen Verhältnisse nicht ratsam, und es wurden daher die für die Untersuchung erforderlichen dünnen Lamellen durch Dünnschliff hergestellt. Dasselbe Verfahren wurde auch bei den weniger spröden Schalen von *Illipe* angewandt. Die Samenschale ist aus drei gut voneinander unterscheidbaren Schichten aufgebaut, von denen die Aussenhaut

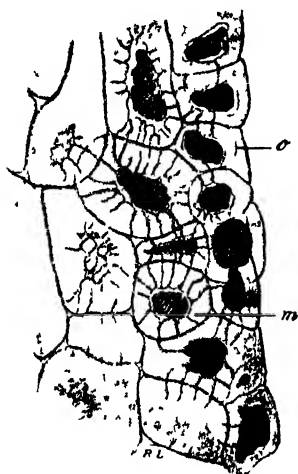


Fig. 7. *Butyrospermum* Parkii. Querschnitt durch den äusseren Teil der Samenschale. o Epidermis, m Zellen der Mittelschicht. Vergr. ca. 250. Orig.

(Epidermis) o die geringste Ausdehnung besitzt, die Mittelschicht m die mächtigste Entwicklung zeigt, die Innenhaut (Endopleura) e in ihrer Ausdehnung die Mitte hält.

Die Epidermis wird von nur einer Zellschicht gebildet (Fig. 7 o) und besitzt eine Stärke von 0.025 mm, die aber bisweilen durch das Vorspringen einzelner Zellecken etwas grösser wird. Sie verläuft auch an der Aussenseite nicht ganz geradlinig, sondern macht viele kleine Ausbuchtungen, die dann das feingrubige Aussehen der Oberfläche verursachen. Auf Quer- und Längsschnitten besitzen die Zellen der Epidermis in der

Regel eine annähernd vierseitige Gestalt von wechselnder Breite, je nach der Stelle, an welcher die Zelle durchschnitten wurde. Die Aussenwand ist meistens etwas konvex nach aussen vorgewölbt, die Innenwand etwas stärker nach innen konvex, bisweilen dreieckig vorgezogen. Hin und wieder ist auch eine schwache Konkavität vorhanden. Die Zellecken sind mehr oder weniger gerundet, wodurch das Auftreten von Interzellularen begünstigt wird. Genaue Masse über die Breite der Epidermiszellen lassen sich nicht geben, da, wie gesagt, die Zellen nicht immer in der Mitte getroffen werden. 14 nebeneinander liegende Zellen maass ich einmal zu 0.270 mm, die einzelne Zelle hatte also eine durchschnittliche Breite von 0.019 mm. Eine andere Messung ergab für 10 Zellen die Länge von 0.270 mm, was einer durchschnittlichen Zellbreite von 0.027 mm entspricht. Die wahre durchschnittliche Breite dürfte also wohl etwa 0.023 mm betragen. Die Wände der Epidermiszellen sind stark verdickt. Die Messung der Aussenwand ergab eine Stärke von 0.010 mm; die seitlichen und inneren Wände sind in der Regel etwas schwächer. Sämtliche Wände zeigen eine deutliche Schichtung, die seitlichen und inneren sind von zahlreichen, zum Teil verzweigten starken Poren durchbohrt. Die Farbe der Wände ist bei nicht allzugrosser Dicke schwach grünlich-gelb. Eine deutliche Kutikula, wie sie bei Illipe vorhanden ist, konnte ich im Gegensatz zu SCHAFFNIT¹⁾ nicht feststellen. Das Lumen der Zellen ist mit braunen Massen von gerbstoffartigem Charakter erfüllt und enthält meistens auch Luft. Die Inhaltsstoffe scheinen in einer Plasmahaut eingeschlossen zu sein, die bisweilen sich von der Zellwand mehr oder weniger abgehoben hat.

In der Flächenansicht (Fig. 8) erscheinen die Zellen der Epidermis meistens polygonal, häufig in einer Richtung gestreckt, vielfach mit etwas gebogenen Seiten. Auch in dieser Ansicht sind die Ecken leicht gerundet und lassen oft kleine Lücken frei. Die Zahl der Seiten ist vier bis sieben, am häufigsten werden aber fünf bis sechs gezählt. Besonders zu erwähnen sind bei dieser Ansicht kleine zellige Gebilde, die als reduzierte Spaltöffnungen anzusehen sind (Fig. 8 Sp). Sie sind für die Samenschale von Butyrospermum charakteristisch,

¹⁾ Dr. E. SCHAFFNIT, Beiträge zur Kenntnis der Schi- und Illipefrüchte und ihrer Produkte. Landw. Versuchs-Stationen Bd. 65, 1907.

werden aber von SCHAFFNIT nicht erwähnt. In Figur 9 sind zwei Formen derselben, wie sie häufig beobachtet werden können, wiedergegeben. Das Präparat wurde von einem Schalenstückchen gewonnen, das in starker Salpetersäure gekocht wurde; es liess sich dann zu geeigneter Zeit ein zartes Häutchen abheben, bei welchem die erwähnten Gebilde nicht schwer aufzufinden waren. Aber auch bei dünn ausgeschliffenen Schalenstückchen lassen sie sich ohne grosse Schwierigkeit nachweisen.

Die Mittelschicht. (Fig. 12 und 13, Taf. I und Fig. 7 m.) Wie schon erwähnt wurde, besitzt die Mittelschicht die grösste

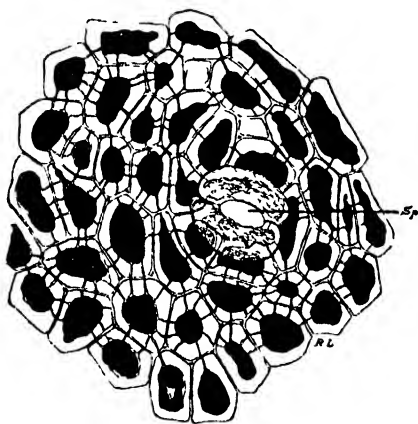


Fig. 8. *Butyrospermum* Parkii. Epidermis von oben gesehen. Sp Spaltöffnung. Vergr. ca. 250. Orig.

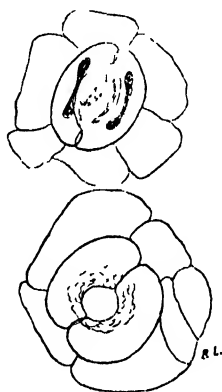


Fig. 9. *Butyrospermum* Parkii. Zwei Spaltöffnungen der Schalenoberhaut. Vergr. ca. 250. Orig.

Mächtigkeit. Sie hat eine Stärke von 0.320—0.430 mm, ist also im Durchschnitt etwa 0.375 mm dick. Auf Schnitten sind die äusseren, der Epidermis zunächst gelegenen Zellen rundlich, während die sich daran anschliessenden allmählich eine immer mehr gestrecktere Form annehmen. Wenigstens ist dies bei Querschnitten der Fall; bei Längsschnitten erscheinen allerdings auch die inneren Zellen der Mittelschicht rundlich, woraus sich für diese Zellen eine zylindrische Form ergibt. Ich kann hier weder die Angabe SCHAFFNITS bestätigen, dass die Zellen der inneren Lagen zusammengedrückt, noch dass sie in der Längsrichtung des Samens gestreckt sind. Ich habe das Gegenteil gefunden. Mit meinem Befunde stimmen auch die Abbildungen

überein, die Voigt über diese Verhältnisse gibt.¹⁾ Die Länge der inneren Zellen beträgt bis 0.190 mm und wohl noch darüber, ihre Höhe und Breite dagegen nur etwa 0.025 mm. Vereinzelte Züge von Zellen zeigen in ihrer Streichrichtung ein abweichendes Verhalten, wodurch das Mosaik des Mittelschichtgewebes etwas Unruhiges erhält.

Auch die Wände der Mittelschichtzellen sind sämtlich stark verdickt und vor allem stark sklerotisiert; sie sind von zahlreichen, zum Teil verzweigten Porenkanälen durchbohrt und besitzen einen geschichteten Aufbau. Infolge ihrer grossen Härte erhält die Samenschale die schon erwähnte grosse Brüchigkeit. Ihr Lumen ist fast stets mit braunen Inhaltmassen gerbstoffartiger Natur erfüllt. Die Wanddicke dieser Zellen beträgt 0.007—0.012 mm. Bei dünnen Schnitten erscheint die Zellwand fast farblos, bei dickeren schwach grünlich-gelb. Die Abrundung der Zellecken ist auch hier zu beobachten und gibt zur Bildung vieler, teilweise langgestreckter Interzellularen Veranlassung.

Die Innenschicht (Endopleura). Sie ist von mässiger Stärke, 0.030—0.160 mm, im Durchschnitt ca. 0.095 mm, und besteht aus dünnwandigen, braunen, meist stark kollabierten Zellen (Fig. 12, Taf. I e). In ihr verlaufen in der Längsrichtung der Samen zahlreiche breite Gefässbündelstränge. Sie bietet im übrigen keine charakteristischen Eigenheiten.

Sämtliche Schichten der Samenschale sind reich an Gerbstoffverbindungen, wie aus der Behandlung mit Eisensalzen hervorgeht.

Der Keimling. Der Samen enthält im Innern kein Nährgewebe. Der Keimling besteht aus den beiden grossen Samenhappen (Kotyledonen) und dem kleinen Stämmchen. Bei den mir vorliegenden beiden Samen füllte er die Höhlung der Samenschale lange nicht aus, muss also wohl stark eingetrocknet gewesen sein. Die beiden Kotyledonen waren fast völlig miteinander verwachsen und stellten ein annähernd eiförmiges Gebilde dar. Die dunkelbraune Aussenfläche war zum grossen Teil mit Resten der Endopleura bedeckt, die mit ihren Gefässbündelzügen teilweise fest an der Oberfläche hafteten. Schneidet man einen Samen quer durch, so erscheint der innere grössere, unregelmässig umgrenzte Teil nur wenig gefärbt, während die

¹⁾ Voigt, Prof. Dr. A., Jahresbericht 1914/15 d. Instituts f. angewandte Botanik, Hamburg 1915, Abt. f. Warenkunde, bearb. v. Dr. Brunner.

Randpartie mehr oder weniger dunkelbraun ist. Bei Lupenbetrachtung sind Einzelheiten nicht zu unterscheiden. Einen Einblick in den Bau der Kotyledonen erhält man erst durch Untersuchung von Quer- und Längsschnitten, die sich ohne weiteres bis zu einer Stärke von 0.015 mm herab leicht herstellen lassen. Da indessen sämtliche Zellen mit Fett, Aleuron, Gerbstoffverbindungen usw. vollständig angefüllt sind, so muss erst eine entsprechende Behandlung mit verschiedenen Reagentien vorgenommen werden, um die Zelltektonik klar zu legen.

Werden die vorhandenen Fettmassen und kautschukartigen

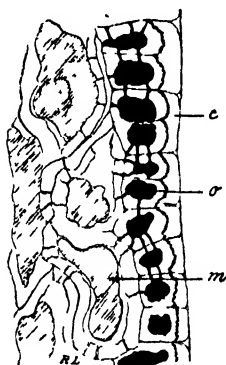


Fig. 10. *Illipe latifolia*. Querschnitt durch den äusseren Teil der Samenschale. o Epidermis, c Kutikula, m Zellen der Mittelschicht. Vergr. ca. 250. Orig.

Substanzen (vergl. RADLKOFFER) mit Äther, Schwefelkohlenstoff usw. entfernt, so gewinnen die Bilder bedeutend an Klarheit. Man erkennt unter dem Mikroskop an dem in Wasser oder Glyzerin liegenden Schnitt (Fig. 15, Taf. I) zahlreiche, zerstreut liegende, kleinere oder grössere Zellgruppen von schwach bräunlicher Färbung, die sich nach dem Rande zu anhäufen und zu einer schmalen Randzone zusammenfliessen. Auch die Farbe wird nach dem Rande zu intensiver bis zu einem satten Rotbraun. Noch deutlicher wird das Bild, wenn man die entfetteten Schnitte für kurze Zeit in Eau de Javelle legt. Es werden durch dieses Reagenz dann die sämtlichen noch vorhandenen Inhalts-

stoffe aus den Zellen herausgelöst. Man wartet diesen Zeitpunkt aber nicht ab, sondern nimmt den Schnitt bereits aus dem Reagenz, wenn man mit der Lupe zahlreiche braune Punkte im Grundgewebe desselben erkennen kann. Unter der Einwirkung des Eau de Javelle färben sich unter Auflösung des Inhaltes die vorher nur schwach gefärbten Zellgruppen tief dunkelbraun. Werden derartig behandelte Schnitte in Eisensalzlösung gebracht, so nehmen die braunen Zellen eine tief dunkelblaue bis schwarze Farbe an. Sie sind also mit gerbstoffartigen Substanzen gefüllt.

Längere Einwirkung von Eau de Javelle löst schliesslich sämtliche Inhaltsstoffe aus den Zellen heraus, und die Schnitte werden dann farblos. An solchen Schnitten (Fig. 16, Taf. I)

kann Anordnung und Form der Zellen, sowie die Beschaffenheit der Zellwände genauer studiert werden. Die Hauptmasse der Schnitte nimmt das Grundgewebe ein. Die Zellen sind von rundlich-eckiger Gestalt, teilweise in die Länge gestreckt. Ihre Grösse beträgt im mittleren Teil etwa 0.100 mm. Nach dem Rande zu werden sie allmählich kleiner und gehen fast unmerklich in die Epidermis über. Letztere ist einschichtig und besitzt eine Höhe von etwa 0.006—0.007 mm. Sie bietet nichts besonders Bemerkenswertes dar, infolge der parenchymatischen Beschaffenheit des Grundgewebes sind zahlreiche Interzellularräume vorhanden. Die Zellwände sind stark verdickt. Die stärkste Verdickung befindet sich im Bereiche der Interzellularen und gibt diesen Stellen ein kollenchymartiges Aussehen. Die Zellwände sind von zahlreichen Tüpfeln durchbohrt (Fig. 17, Taf. I), die meistens über die ganze Zellwand zerstreut liegen und nicht so häufig gruppenweise angeordnet sind, wie wir das später bei Illipe finden werden.

Vereinzelt über den ganzen Schnitt verteilt, nach dem Rande zu zahlreicher und daher leichter in die Augen fallend, treten einzelne Zellen namentlich durch ihre Grösse hervor (Fig. 14, 15 und 16, Taf. Is). Im normalen Zustande führen diese Zellen einen stark lichtbrechenden Inhalt von kautschukartiger Beschaffenheit. Sie sind von einem Kranze flacher Zellen umgeben, liegen nach der Längsachse orientiert in kurzen Reihen nebeneinander und stehen durch diaphragmaartige Öffnungen (Fig. 16, Taf. Is) miteinander in Verbindung. Sie werden als Sekretschläuche bezeichnet. Die Verbindungsöffnung kommt auf Querschnitten vielfach deutlich zum Ausdruck. Nach dem Rande hin nimmt die Grösse der Sekretzellen bedeutend ab, übersteigt aber immer noch die Grösse der Zellen des umliegenden Grundgewebes. Die Sekretzellen sind von kugelig bis elliptischer Gestalt.

Das Fleisch des Keimlings hat einen zusammenziehenden bitteren Geschmack. Das in den Kotyledonen vorhandene Fett ist fast farblos; es erstarrt bei gewöhnlicher Temperatur unter Abscheidung kristallinischer Drusen. Nach einer von mir an einer kleinen Probe vorgenommenen Prüfung schmilzt es bei ca. 49° C. und erstarrt bei 40°. Weitere Untersuchungen an demselben vorzunehmen, gestattete die zur Verfügung stehende kleine Probe nicht. Das mir nach der Extraktion des Fettes verbliebene Pulver (Schinussmehl) war von rein brauner Farbe.

II. Die Illipesamen.

A. *Illipe latifolia* Engl. (*Bassia latifolia* Roxb.).

Die Rückstände der Samen von *Illipe latifolia* dürften wohl den wesentlichsten Bestandteil des Illipe- oder Mowramehles ausmachen. Alle uns bisher als solche eingesandten Mehle enthielten jedenfalls nur Bestandteile dieser Samen und auch VOIGT¹⁾ gibt an, dass in der Hauptsache *Illipe latifolia* die Mowrasaat des Handels liefert.

Die Samen von *Illipe latifolia* (Fig. 5) haben annähernd eichelförmige Gestalt; sie sind bis 3 cm lang und etwa 1.5 cm breit und hoch. Die Schale ist glatt, glänzend und von dunkel-

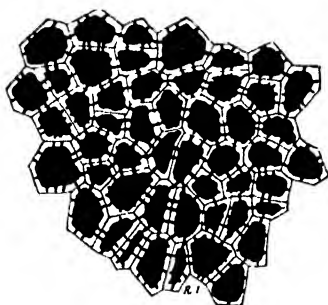


Fig. 11. *Illipe latifolia*. Epidermis von oben gesehen. Vergr. ca. 250. Orig.

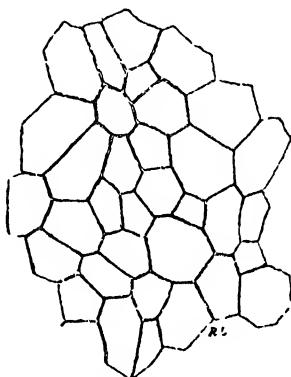


Fig. 12. *Illipe latifolia*. Kutikula. Vergr. ca. 250. Orig.

brauner Farbe und unterscheidet sich durch letztere etwas von *Butyrospermum*. Die Nabelfläche ist ebenfalls matt und von hellerer Farbe.

Die Samenschale hat eine Dicke von etwa 0.300 mm; sie ist nicht so brüchig wie diejenige von *Butyrospermum*, sondern von ziemlicher Geschmeidigkeit. Es hängt dies, wie wir sehen werden, damit zusammen, dass die Zellen der Mittelschicht viel weniger stark sklerotisiert sind. Infolgedessen lässt sich auch diese Schicht nach Aufweichen in Chloralhydrat mit einem scharfen Messer ziemlich leicht ausschaben, wodurch schon kleine Schalenfragmente mit einiger Sicherheit erkannt werden können. Ein Querschnitt durch die ganze Samenschale ist in Fig. 18

¹⁾ Voigt, Prof. Dr. A., Jahresber. 1913/14 des Instituts für angew. Botanik, Hamburg.

Taf. II wiedergegeben. Wir können auch hier wieder leicht die drei charakteristischen Schichten unterscheiden. Von ihnen weisen die beiden ersteren bedeutende Unterschiede auf, so dass ihre Unterscheidung von Butyrospermum keine Schwierigkeit macht.

Die Epidermis. Dieselbe ist wiederum einschichtig (Fig. 10), aus annähernd prismatischen Zellen aufgebaut, die in ihrer äusseren Gestalt mit denen von Butyrospermum übereinstimmen. Die Wände dieser Zellen sind ebenfalls stark verdickt, die vorhandenen Poren erscheinen aber merklich kräftiger. Die Epidermis besitzt eine deutlich abgegrenzte, dicke Kutikula, die auf dünnen Querschnitten im Gegensatz zu den fast farblosen Wänden der Epidermiszellen deutlich grünlich-gelb tingiert ist. Die Trennungslinie zwischen der Epidermis und der Kutikula ist eigentümlich zackig. Die Kutikula der einzelnen Epidermiszellen ist durch deutliche Trennungslinien voneinander geschieden. Bei Butyrospermum ist nichts vorhanden, was an eine ähnlich ausgebildete Kutikula erinnert. Nach Kochen eines Schalenstückchens in starker Salpetersäure lässt sich die Kutikula leicht abheben und gibt dann ein Bild, wie es die Fig. 12 zeigt. In der Oberflächenansicht (Fig. 11) unterscheidet sich die Epidermis, abgesehen von den etwas grösseren Porenkanälen, nicht wesentlich von derjenigen von Butyrospermum. Die Zellen sind durchschnittlich etwas kleiner, es fehlen aber, was besonders hervorzuheben ist, die spaltöffnungsähnlichen Zellen vollständig. Es ist nichts vorhanden, was auch nur entfernt an diese erinnert. Ähnliche Bilder, wie sie die Fig. 9 zeigt, sind daher auf der abgehobenen Kutikula nicht aufzufinden.

Die Mittelschicht unterscheidet sich wesentlich von derselben Schicht bei Butyrospermum. Die Zellen zeigen hier durchweg eine sehr unregelmässige Kontur. Auch sie sind auf Querschnitten mehr längs gestreckt, auf Längsschnitten mehr rundlich. Die Wände sind aber viel weniger stark sklerotisiert. Bisweilen erscheinen sie etwas zusammengedrückt. Auch hier sind die Zellen mit braunen Massen erfüllt. Infolge ihrer geringeren Verholzung bleibt die Mittelschicht weicher und die Schale daher biegsam. Die Mittelschicht lässt sich leicht, wie schon erwähnt wurde, selbst bei ganz kleinen Bruchstücken der Schale, mit einem scharfen Messer ausschaben, so dass man auf diese Weise ohne Schwierigkeit Oberflächenansichten der Epidermis erhält.

Die dritte Schicht der Schale, die Endopleura, bietet auch hier nichts Besonderes dar. Sie besteht aus mehreren stark kollabierten Zellreihen mit tief braunem Inhalt. In ihr verlaufen ebenfalls die Gefässbündelzüge.

Der Keimling. Auch die Samen von Illipe enthalten kein Nährgewebe. Die beiden annähernd gleich grossen Kotyledonen sind halbelliptisch 1.8—3.3 cm lang und 1.2—1.4 cm breit.¹⁾ Die Farbe ist ein rötliches Schokoladenbraun, das durch die ganzen Samenlappen hindurchgeht und daher auch die Fläche durchschnittener Samen braun erscheinen lässt. Der Geschmack ist zusammenziehend, stark bitter. Dünne Querschnitte erscheinen dem blossen Auge als helle, mit einem schmalen braunen Saum umgebene Scheiben. Mit der Lupe erkennt man zahlreiche kleine, über den ganzen Schnitt zerstreute, bräunliche Punkte (Fig. 19, Taf. II), wodurch sich diese Samen von Butyrospermum unterscheiden, wo die braunen Flecken erst nach Behandlung mit Eau de Javelle deutlich werden. Mit Äther entfettete Schnitte geben unter dem Mikroskop bereits klare Bilder (Fig. 20 und 21, Taf. II). Die Zellen des Grundgewebes sind durchschnittlich etwas kleiner wie bei Butyrospermum. Auch die braun gefärbten Zellgruppen sind kleiner und gleichmässig über den Schnitt verteilt. Nur am Rande stehen sie gehäuft und bilden dadurch einen schmalen, braun gefärbten Saum. Die Sekretbehälter sind in geringerer Zahl vorhanden, fast nur auf die Randzone beschränkt und heben sich kaum von den Zellen des Grundgewebes ab (Fig. 20 u. 21, Taf. II). Die Zellen der Epidermis sind fast durchweg ungefärbt. Eine kurze Behandlung mit Eau de Javelle färbt die hellbraunen Zellpartien tief schokoladenbraun, bietet aber nichts Neues. Um die weiteren Einzelheiten zu erkennen, ist es vorteilhaft, den Schnitt so lange in Eau de Javelle zu lassen, bis fast sämtlicher Farbstoff ausgezogen ist. Die Zellen des Grundgewebes erscheinen nun rundlich-eckig (Fig. 21, Taf. II); sie sind in der Mitte am grössten und werden nach dem Rande zu kleiner, wenngleich der Unterschied nicht so gross ist wie bei Butyrospermum. Interzellularräume sind zahlreich vorhanden, die Wandverdickung ist weniger stark, die Poren sind durchschnittlich grösser und meist in kleinen charakteristischen Gruppen angeordnet. Die dazwischen liegenden Wandteile nehmen dabei ein gekröseartiges Aussehn an.

¹⁾ Vergl. HONCAMP, REICH und ZIMMERMANN, Über Perillakuchen usw. Landw. Versuchs-Stationen Bd. 78, 1912.

Die Diaphragmen der Sekretzellen sind nur schwach entwickelt. Das Fett von *Illipe latifolia* ist ebenfalls fast farblos; es erstarrt bei Zimmertemperatur nur langsam. Der Schmelzpunkt beträgt nach HONCAMP 24.5—28.4°, der Erstarrungspunkt 16.6—22.2°, liegt also bedeutend niedriger als bei *Butyrospermum*.

Das nach der Fettextraktion mir verbliebene Mehl hatte einen rötlich-braunen Farbenton und stäubte sehr unangenehm in die Nase.

B. *Illipe malabrorum* König (*Bassia longifolia* L.).

Die Rückstände dieser Samen sind bisher nur selten in den Mowramehlen beobachtet worden. Die Untersuchung dieser Samenart hatte aber insofern einiges Interesse, als dadurch die unterscheidenden Merkmale zwischen *Butyrospermum* und *Illipe* auch für diese Art im grossen und ganzen bestätigt wurden. Die Länge der Samen (Fig. 6) beträgt 2.5—4.0 cm, die Breite 0.75—1.1 cm, die Höhe 1.15—1.3 cm. Die Schale ist hell gelbbraun gefärbt; sie ist nur wenig glänzend, fast matt. Der Samen ist seitlich etwas zusammengedrückt, der schmale, lange Nabel liegt an einer Schmalseite. Letzterer ist wie gewöhnlich matt und zeigt hier einen etwas dunkleren Farbenton.

Die Samenschale (Fig. 22, Taf. II). Im Gegensatz zu den beiden bisher betrachteten Samenschalen ist die Schale von *I. malabrorum* papierartig dünn; sie ist etwa nur halb so stark wie diejenige von *I. latifolia* und besitzt ebenfalls eine grosse Geschmeidigkeit. Die Gefässbündel auf der Innenseite fallen nicht so deutlich in die Augen, da ihnen die weisse Farbe fehlt und sie auch nicht so mächtig entwickelt sind. Bei Betrachtung mit der Lupe erscheinen sie als etwas hervortretende, baumartig verzweigte Adern. Auf dem Querschnitt, der entsprechend der Düntheit der Schale nur eine Breite von 0.185 mm aufweist, sind wiederum die drei bekannten Schichten zu unterscheiden.

Die Epidermis (Fig. 13) ist einschichtig und besitzt eine ähnliche Beschaffenheit wie bei *I. latifolia*, nur scheinen die Zellen durchschnittlich etwas grösser zu sein. Auch hier ist eine deutlich abgesonderte Kutikula von ziemlicher Stärke (etwa der Wanddicke der Epidermiszellen) vorhanden (Fig. 13 c); die Trennungslinie zeigt aber nicht die zackige Kontur wie bei *I. latifolia* und sie ist auch nicht wie dort in einzelne, die ein-

zelenen Epidermiszellen bedeckende Stücke gegliedert. Ihre Farbe ist nicht wesentlich von der der Zellwand verschieden.

Die Mittelschicht ist nur verhältnismässig schwach entwickelt. Sie ist in ihrem Aufbau kaum von der entsprechenden Schicht bei *I. latifolia* verschieden. Ein gleiches gilt von der Endopleura, bei welcher nur die schwach entwickelten Gefässbündelzüge auffallen.

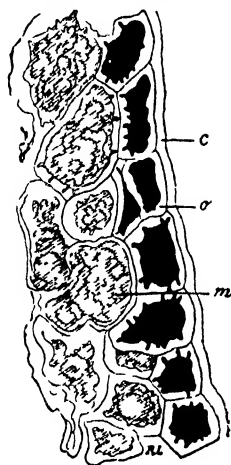


Fig. 13. *Illipe malabrorum*. Querschnitt durch den äusseren Teil der Samenschale. σ Epidermis, c Kutikula, m Zellen der Mittelschicht. Vergr. ca. 250. Orig.

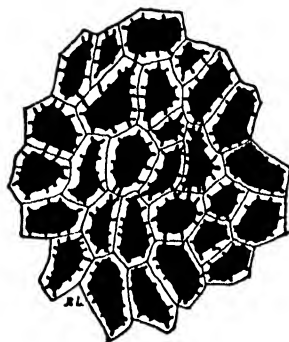


Fig. 14. *Illipe malabrorum*. Epidermis von oben gesehen. Vergr. ca. 250. Orig.

Oberflächenansichten (Fig. 14) der Epidermis lassen auch das völlige Fehlen der reduzierten Spaltöffnungen erkennen und zeigen darin Übereinstimmung mit *I. latifolia*. Die Epidermis hat eine Stärke von 0.025 mm; davon nimmt die Kutikula 0.003 mm ein. Die Mittelschicht ist ca. 0.110 mm, die Innenschicht ca. 0.050 mm stark.

Der Keimling. Schnitte durch den Keimling liefern ähnliche Bilder, wie wir sie von *I. latifolia* kennen (Fig. 23—25, Taf. II und III). Die Sekretzellen treten etwas mehr hervor, es ist aber fraglich, ob dies bei allen Samen der Fall ist. Die diaphragmenartigen Verbindungen sind sehr undeutlich. Die Zellen des Grundgewebes besitzen einen Durchmesser bis 0.090 mm und die Anordnung der Poren ist wie bei *I. latifolia* (Fig. 25, Taf. III).

Das Mehl, aus dem entfetteten Samen hergestellt, ist ebenfalls rötlich-braun.

Zusammenfassung.

Die drei von mir untersuchten Samenarten *Butyrospermum Parkii*, *Illipe latifolia* und *I. malabrorum* zeigen in dem Aufbau sowohl der Samenschale als auch der Kotyledonen solche bedeutende Merkmale, dass eine Unterscheidung der Pressrückstände dieser drei genannten Samenarten einem geübten Mikroskopiker nicht schwer fallen kann. Im folgenden sollen die wichtigsten Merkmale noch einmal kurz zusammengefasst werden.

Butyrospermum Parkii. Die Schale ist dick und spröde, ohne deutliche Kutikula, mit Spaltöffnungen. Die Mittelschicht ist stark sklerotisiert. Die Kotyledonen enthalten zahlreiche, grosse Sekretschläuche mit gut entwickeltem Diaphragma. Zellen des Grundgewebes namentlich an den Ecken stark verdickt. Poren zahlreich, im allgemeinen verhältnismässig klein und nicht in besonderen Gruppen angeordnet. Gerbstoffhaltige Zellen stark entwickelt, zu einem breiten Rande zusammenfliessend, normalerweise in den inneren Partien der Kotyledonen nur wenig gefärbt.

Illipe latifolia. Schale weniger dick, lederartig geschmeidig. Epidermis mit dicker, deutlich abgegrenzter, zerteilter Kutikula, ohne Spaltöffnungen. Mittelschicht schwach sklerotisiert. Kotyledonen mit wenig Sekretzellen, mit mässig entwickeltem Diaphragma. Zellen des Grundgewebes weniger stark verdickt, Poren im allgemeinen weniger zahlreich, gröber und meist in deutlichen Gruppen angeordnet. Gerbstoffführende Zellen ohne besondere Behandlung deutlich hervortretend, weniger zahlreich, meist vereinzelt und nur am äusseren Rande zusammenfliessend.

Illipe malabrorum. Schale papierartig dünn, geschmeidig. Epidermis mit dicker, deutlich abgegrenzter, aber nicht gegliederter Kutikula ohne Spaltöffnungen. Mittelschicht nur schwach entwickelt, im übrigen wie auch im Bau der Kotyledonen mit *I. latifolia* übereinstimmend.

Bei der Untersuchung der Mehle wird man auf die Farbe derselben zu achten haben. Sind Schalenstückchen, wenn auch nur in sehr kleinen Bruchstücken vorhanden, so wird die Entscheidung wesentlich erleichtert werden. In dem mit verdünnter Natronlauge ausgekochten Mehle sind die Schalenstückchen meist noch sehr undurchsichtig. Präpariert man aber einige solche am besten aus der unversehrten Probe ausgelesene Stückchen

mit dem Messer auf die auf S. 250 angegebene Weise, so kommen die charakteristischen Gewebeelemente sehr gut zur Ansicht. Auch das ausgeschabte Gewebe der Mittelschicht gibt guten Anhalt. Bei dem Kotyledonargewebe wird auf die Form und Verteilung der Sekretzellen, der gerbstoffführenden Zellgruppen und auf die Form und Anordnung der Poren zu achten sein. Auch eine Prüfung des Fettes in bezug auf seine Konsistenz kann einen guten Anhaltspunkt liefern.

Tafelerklärung.

Sämtliche Figuren sind nach Mikrophotographien des Verfassers nach Originalpräparaten hergestellt. Es bedeutet o Epidermis, m Mittelschicht, e Endopleura, g gerbstoffführende Zellen, s Sekretzellen, t Tüpfel der Zellwände.

Tafel I.

- Fig. 12. *Butyrospermum Parkii* Querschn. d. d. Samenschale. Vergr. 60.
 " 13. " " , Längsschn. " " " 60.
 " 14. " " , Querschn. durch einen Samenlappen.
 Präparat mit Äther entfettet. Vergr. 25.
 " 15. " " , desgl. und Eau de Javelle behandelt. " 60.
 " 16. " " , " etwas mit Fuchsin angefärbt. " 60.
 " 17. " " , Querschnitt d. d. Samenlappen. Zellen des
 Grundgewebes mit Tüpfeln. Vergr. ca. 170.

Tafel II.

- Fig. 18. *Illipe latifolia*, Querschn. d. d. Schale. Vergr. 60.
 " 19. " " , " " Samenlappen. Mit Äther und Eau
 de Javelle behandelt. Vergr. 60.
 " 20. " " , desgl. Inhaltsstoffe entfernt. Vergr. 60.
 " 21. " " , " " " 170.
 " 22. *Illipe malabrorum*, Querschn. d. d. Schale. Vergr. 60.
 " 23. " " , " " Samenlappen. Mit Äther und
 Eau de Javelle behandelt. Vergr. 60.

Tafel III.

- Fig. 24. *Illipe malabrorum*, Querschn. d. d. Samenlappen, Inhaltsstoffe ent-
 fernt. Vergr. 60.
 " 25. " " , desgl. " 170.

Neue Wege für die Verwertbarkeit von Abwasserklärschlamm als Düngemittel.

Von

Dr. MARTIN STRELL-München.

Die Verwendung von Abwasserklärschlamm zu Düngzwecken dürfte wohl kaum weiter zurückdatieren als bis in die 50er Jahre des vergangenen Jahrhunderts und ist eng verknüpft mit der Entwicklung der Abwasserfrage seit jener Zeit.

Während in ländlichen Bezirken und in kleineren Landstädten die Unterbringung der häuslichen Schmutzwässer und besonders der menschlichen und tierischen Abgänge bis in die Gegenwart herein noch keine Schwierigkeiten bereitete, indem man sie z. T. in Versitzgruben leitete, z. T. in gemauerten Behältern sammelte und nach Bedarf auf Felder und Wiesen abfuhr, — Methoden, die auch heutzutage auf dem Land noch allgemein üblich sind, — gestaltete sich die Beseitigung der Abwässer in den grösseren Städten zusehends schwieriger. Hier hatte zunächst die durch Einrichtung von Wasserleitungen ermöglichte leichtere Beschaffung von Trink- und Brauchwasser naturgemäss eine Steigerung der im einzelnen wie im allgemeinen anfallenden häuslichen Abwassermengen zur Folge. Dazu gesellten sich auch die Abflüsse der bald zu allgemeiner Beliebtheit gelangten Spülklosets. Endlich ging Hand in Hand damit ein steter Zuwachs an Abwässern aus industriellen und gewerblichen Betrieben, die da und dort sich ansässig machten und ihrer z. T. recht beträchtlichen Abwassermengen ebenfalls „los“ sein wollten.

Diesen gewaltigen Abwasserquantitäten gegenüber erwies sich die während des ganzen Mittelalters vorzugsweise — auch in Städten — gebräuchliche Versitzmethode bei weitem nicht mehr gewachsen. Auch durch Abfuhr konnte man dieser z. T. schon stark verdünnten Jauchen nur schwer und mit erheblichem

Kostenaufwand Herr werden. So stellte sich denn bald allenthalben gebieterisch das Bedürfnis nach Herstellung rationell angelegter Kanalisationsanlagen ein, die alle nur irgendwie abschwemmbar Schmutzstoffe tunlichst rasch und gründlich von den Stätten ihrer Entstehung weg — und wo möglich den nächstbesten Wasserläufen zuführen sollten, eine Forderung, welcher am vollkommensten das bald in allen grösseren Städten zur Durchführung gelangende Schwemmsystem gerecht werden konnte.

Zeitigte nun die Einführung des Schwemmsystems in Städten hinsichtlich der Assanierung derselben unstreitig segensreiche Folgen, so machten sich andererseits dort, wo die Abwässer öffentlichen Wasserläufen zugeleitet wurden, gar bald die Nachteile der Flussverunreinigung geltend, ein Übel, dem — in Deutschland wenigstens — erfreulicherweise schon beizeiten durch eine kräftige Gegenaktion von seiten staatlicher Organe und privater Vereinigungen entgegengearbeitet wurde. Mit der Frage der Reinhaltung der Wasserläufe, an welcher sowohl die Fischerei und Landwirtschaft, wie auch die Industrie und Gesundheitspflege hervorragend interessiert sind, haben wir in der geschichtlichen Entwicklung der Abwasserfrage die Gegenwart erreicht.

Als wirksamstes und mit den bestehenden Verhältnissen noch am besten in Einklang zu bringendes Mittel zur Verhütung resp. Eindämmung der Flussverunreinigung hat sich bisher eine geeignete Vorbehandlung (Klärung und Reinigung) der Abwässer vor Einleitung in ein öffentliches Gewässer erwiesen. Nach dem bekannten Abwasserlexikon von SALOMON (Ergänzungsband III, 1911) besaßen von 612 im Jahre 1911 vorhandenen planmässigen Voll- und Teilkanalisationen bereits 399 Klär- und Reinigungsanlagen.

Betrachtet man die dort aufgeführten 15 Reinigungsverfahren vom Standpunkt der Ausnützbarkeit der in den Abwässern enthaltenen organischen und anorganischen Substanzen, so wird nur bei zweien derselben, nämlich beim Rieselfverfahren und bei der Abwasserfischteichmethode nach Prof. Dr. HOFER, die Gesamtheit der festen und flüssigen Abwasserbestandteile in nutzbringender Weise verwertet. Bei der letzteren Methode, die in meinem Reisebericht über „Abwasserkläranlagen Deutschlands“ (s. Zeitschr. „Die Städtereinigung“ Verlag Kelterborn Göttingen, Jahrg. 1917) und in meinem Buche über „Die Ab-

wasserfrage in ihrer geschichtlichen Entwicklung von den ältesten Zeiten bis zur Gegenwart“¹⁾ näher beschrieben ist, dienen die gelösten Substanzen und feineren Schwebestoffe der Abwässer zur Düngung von Fischteichen zwecks Heranzüchtung einer üppigen Mikroflora und -fauna, die dann den Fischen zur Nahrung dient, während die gröberen Sinkstoffe als Feld- und Gartendünger abgefahren werden. Bei allen übrigen Verfahren, besonders den sog. mechanischen Kläranlagen, werden nur die in mehr oder minder weitgehendem Grade ausgeschiedenen ungelösten schlammbildenden Substanzen verwertet, und zwar vorwiegend zu landwirtschaftlichen Zwecken — als Düngemittel.

Obwohl nun Abwasserkläranlagen — auch in Deutschland — schon mehrere Jahrzehnte eingeführt sind und der in diesen Anlagen anfallende Klärschlamm — allerdings meist mangels einer anderen besseren Beseitigungsmöglichkeit — als Dünger verwendet wird, so fehlt es leider an systematischen, mit verschiedenem Abwasserschamm durchgeführten Laboratoriums- und Feldversuchen, aus deren Ergebnissen allgemeine Rückschlüsse auf die die Umsetzungen im Boden begünstigenden und hemmenden Faktoren, auf die Schnelligkeit des Abbaues der organischen Substanzen, auf die gegenüber ungedüngtem Boden erzielten Mehrerträge u. dergl. m. gezogen werden könnten.

Mehr Wert scheint man diesen und ähnlichen Fragen in England beigemessen zu haben. In Heft 8 der Agrartechnischen Rundschau ist über die vor etwa einem Jahrzehnt von Prof. SOMERVILLE, MIDDLETON und Dr. VOELCKER (auf Anregung der „Royal Commission on Sewage Disposal“) mit Kulturen von weissen Rüben, Futterrüben, Kohlrüben, Kartoffeln, Weizen und auf Wiesen durchgeführten Düngungsversuche mit Abwasserklärschlamm, ferner über die im Jahre 1913—1914 in den landwirtschaftlichen Versuchs-Stationen von Woburn und Rothamsted mit entfettetem Abwasserschamm veranstalteten Versuche berichtet. Bezüglich der Einzelheiten dieser Versuche mag auf das angeführte Referat und auf die Originalarbeiten verwiesen sein. Hier seien nur die Hauptergebnisse kurz mitgeteilt. Diese sind im wesentlichen folgende:

1. Der Stickstoff und die Phosphorsäure finden sich im Abwasserschamm in viel weniger assimilierbarer Form vor

¹⁾ Erschienen im Verlag LEINWEBER, Leipzig 1913.

als beispielsweise im schwefelsauren Ammoniak, im Superphosphat und im Fischmehl; die Wirkung der phosphat- und stickstoffhaltigen Bestandteile des Abwässerschlammes ist daher — besonders im Vergleich zu derjenigen des Stickstoffs und der Phosphorsäure der gewöhnlichen künstlichen Düngemittel — bei Wurzelgewächsen und Wiesen sehr langsam.

2. Der Abwässerschamm scheint für Anbaupflanzen, die eine kurze Entwicklungsperiode haben und schnell wirkende Düngemittel erfordern, wie Futterrüben, Kartoffeln und Kohlrüben, nicht geeignet zu sein.
3. Abwässerschamm ist in relativ grösseren Gewichtsmengen pro Flächeneinheit zu verwenden als die künstlichen mineralischen Düngemittel.
4. Feuchtigkeit und Kalkzusatz scheinen die Wirksamkeit des Abwässerschlammes zu erhöhen.
5. Der natürliche Abwässerschamm enthielt mehr Feuchtigkeit, mehr Gesamtstickstoff und mehr löslichen Stickstoff als der entfettete Schlamm. Auch scheinen die Versuche in Rothamsted anzuzeigen, dass kein Beweis dafür vorliegt, dass die Entfettung des Schlammes die Zersetzung im Boden erleichtert. (!)

Im Schlusssatz des Referates wird nun die Anregung gegeben, durch Laboratoriumsversuche und andere Untersuchungen eine Methode zu ermitteln, die imstande ist, die stickstoffhaltigen Substanzen des Abwässerschlammes für die Pflanzen schneller verwertbar zu machen.

Die in diesem Satz ausgesprochene Anregung gibt mir willkommenen Anlass, auf die von mir in der Königl. bayr. Biologischen Versuchsstation z. Z. in Angriff genommenen „Untersuchungen über den Einfluss humusartiger Substanzen auf die Nitrifizierbarkeit der organischen Stickstoffverbindungen von Abwässerklärschlamm“ hinzuweisen. Obwohl die Untersuchungen noch keineswegs abgeschlossen sind, so haben sie doch schon speziell nach der oben erwähnten Richtung hin so günstige Ergebnisse gezeitigt, dass ein kurzer Vorbericht hierüber in dieser Zeitschrift sehr wohl am Platze sein dürfte.

Auf die erwähnten Versuche wurde ich gelegentlich einer eingehenderen Prüfung des sog. „Huminverfahrens“ (nach HOYER-MANN-WELLENSIECK, Hannover) auf seine Anwendbarkeit zur

Reinigung der Münchener Kanalwässer geführt. Da das Verfahren wohl wenigen Lesern der „Rundschau“ bekannt sein dürfte, sei es im folgenden kurz beschrieben.

„Humin“ ist eine aus huminöser Braunkohle durch Behandlung mit Natronlauge gewonnene schwarzbraune teigförmige Masse, die von der Firma HOYERMAN und WELLENSIECK in Hannover im Grossen hergestellt und zum Preise von 5 M. pro 50 kg in den Handel gebracht wird. In Wasser löst sich Humin zu einer gleichmässig tief dunkelbraun gefärbten „kolloidalen“ Flüssigkeit auf. Setzt man von einer derartigen, etwa 10 %igen Lösung 2—3 ccm einem Liter Kanalwasser bei und gibt dann ca. 1—1.5 ccm einer 10 %igen Tonerdesulfatlösung zu, so bilden sich sofort grobe, scharf gegen die übrige Flüssigkeit abgesetzte Flocken, welche die feinst suspendierten und „pseudogelösten“ organischen Stoffe des Abwassers umhüllen und mit sich zu Boden reissen. Der in seiner Hauptmasse bereits nach ca. 10 Minuten abgesetzte Schlamm ist ziemlich voluminös und wasserhaltig, lässt sich aber gut filtrieren, drainieren und trocknen. Beim Trocknen auf Tontellern wird er (bei gewöhnlicher Zimmertemperatur von durchschnittlich 15°) schon nach wenigen Tagen rissig, blättert ab und lässt sich dann leicht von der Unterlage entfernen und gut zerkleinern.

Für meine Nitrifikationsversuche wurde frisch entnommenes Kanalwasser in 3 Proben zu je 10 l in folgender Weise behandelt:

Die erste Probe (zu 10 l) wurde ohne irgend welchen Zusatz in einem steilwandigen Sedimentiertrichter mit durch Gummischlauch verbundenem Messzylinder einer 1stündigen ruhigen Sedimentation unterzogen, Volumen und Gewicht des ausgeschiedenen Rohschlammes tunlichst genau bestimmt, letzterer sodann auf ein Faltenfilter gebracht und durch Stehenlassen bei gewöhnlicher Zimmerluft getrocknet. Die zweite Probe (10 l) wurde mit 20 ccm einer 10 %igen Huminklöslösung + 10 ccm 10 %ige Tonerdesulfatlösung, die dritte Probe (ebenfalls 10 l) mit 40 bzw. 20 ccm der genannten Fällungsflüssigkeiten versetzt und beide Proben im übrigen genau so weiter behandelt wie Probe 1. Von einem Teil der 3 lufttrockenen Schlammproben wurde der Gesamtstickstoff ermittelt und für die folgenden Versuche von den an Stickstoff reicheren Humin-Klärschlammproben nur so-

viel verwendet, dass deren Stickstoffgehalt äquivalent war mit jenem des Rohschlammes.

Die lufttrockenen, auf Faltenfilter gebrachten Schlamm-substanzen der drei am 26. September 1915 angesetzten Proben wurden je nach 8 Tagen mit 25 ccm Wasser angefeuchtet, das ablaufende Filtrat in einem Erlenmeyer-Kölbchen aufgefangen, je 1 ccm des Filtrates auf Nitrate (mit Brucin + konz. Schwefelsäure), der Rest auf Nitrite (nach der Reaktion von GRIES-LOSVAY) geprüft. [Durch eine selbst angefertigte Farbenskala konnte bei letzterer Reaktion aus der Intensität der nach 10 bis 15 Minuten eingetretenen Färbung der Gehalt an Nitrit nahezu quantitativ genau geschätzt werden.] Die wesentlichsten Ergebnisse dieser Prüfung sind in folgender Tabelle kurz zusammengestellt:

(Siehe die Tabelle 1 auf S. 263.)

Nach den Ergebnissen dieser während eines Zeitraumes von 3 Monaten durchgeführten Versuche kann entschieden von einem günstigen Einfluss der Humusstoffe des „Humins“ auf die Nitrifizierbarkeit organischer Stickstoffverbindungen gesprochen werden und zwar scheint besonders die Tätigkeit der Nitrosobakterien oder Nitritbildner durch die Gegenwart dieser Stoffe angeregt zu werden. Nitrate konnten zwar ebenfalls in allen Filtraten der Huminschlammproben nachgewiesen werden, aber doch nicht in so konstanten Mengen wie die Nitrite. Über den quantitativen Verlauf des Stickstoffumsatzes im gesamten, insbesondere auch über Ammoniakbildung, Denitrifikation und dergleichen werden weitere bereits in Gang befindliche Untersuchungen Aufschluss geben.

Um nun wieder auf die aus den Reaktionen der Tabelle 1 zu entnehmende Tatsache der Beschleunigung der Nitrifikation organischer Stickstoffverbindungen bei Gegenwart von Humusstoffen zurückzukommen, so sei an dieser Stelle auch auf die im Centralbl. f. Bakt. II, Bd. 40, S. 55 ff mitgeteilten Untersuchungen von LÖHNIS und GREEN über die Nitrifizierung von Humuspräparaten hingewiesen, die ebenfalls einen günstigen Einfluss von Humussubstanzen auf die Nitrifikation erkennen lassen. Die genannten Autoren verwendeten bei ihren Versuchen mit Salzsäure und Natronlauge extrahierte Substanzen aus Stalldünger, Gründünger und Torf im frischen und „humifizierten“ Zustand.

Tabelle 1.

Geprüft am:	Rohschlamm		Huminschlamm I		Huminschlamm II	
	Nitrate	Nitrite	Nitrate	Nitrite	Nitrate	Nitrite
26. November 1915	in Spuren	—	kräftige Rosafärbg.	—	deutl. nachw.	—
30. " 1915	"	unter 1 mg i. Ltr.	sehr ger. Mengen	ca. 3 mg	"	ca. 2 mg i. Ltr.
7. Dezember 1915	"	Spuren	deutl. nachw.	" 1 "	"	" 1 "
15. " 1915	nicht nachw.	nicht nachw.	in Spuren	ca. 2—3 mg	nicht nachw.	ca. 3 mg
23. " 1915	Spuren	Spuren	Spuren	" 1—2 "	Spuren	" 3 "
30. " 1915	"	"	"	" 3—5 "	"	" 10 "
7. Januar 1916	"	unter 1 mg	"	ca. 10 mg	"	" 10 "
15. " 1916	nicht nachw.	ca. 1—2 mg	deutl. nachw.	" 10 "	nicht nachw.	" 5 "
23. " 1916	"	kaum nachw.	"	" 5 "	deutl. nachw.	" 5 "
30. " 1916	"	Spuren	Spuren	" 10 "	Spuren	" 10 "
15. Februar 1916	Spuren	ca. 1 mg	deutl. nachw.	" 5 "	deutl. nachw.	" 5 "
23. " 1916	"	Spuren	Spuren	" 10 "	Spuren	" 10 "

(Die Humifizierung geschah in der Weise, dass die genannten Materialien mit feinem Sand und Kreide gemischt $4\frac{1}{2}$ Monate an der Luft [aerob] oder unter Luftabschluss [anaerob] liegen blieben.)

Entsprechende Quantitäten dieser extrahierten Substanzen wurden mit gleichen Mengen trockener Erde und Kreide gemischt, das homogene Gemisch in Petrischalen gefüllt und nach hinreichender Anfeuchtung der Nitrifizierung überlassen. Jeden dritten Tag wurde das inzwischen verdunstete Wasser ersetzt. Nach Verlauf von 5 Wochen wurde jede Probe mit 200 ccm Wasser versetzt, filtriert und in je 150 ccm des Filtrats der Nitratstickstoff in alkalischer Lösung (nach Vertreiben des Ammoniaks) durch Reduktion mittels Zink und Eisen bestimmt. Danach resultierten die in folgender Tabelle zusammengestellten Ergebnisse:¹⁾ (Die in Klammern gesetzten Zahlen sind aus Parallelversuchen gewonnen.)

Tabelle 2.

	verwendete Menge in g	darin N in mg	Nitrat-N gebildet in mg	vom Gesamt- N %
--	-----------------------------	---------------------	----------------------------------	--------------------------

Extrahierte Substanz aus Stalldünger

frisch	6.10	203	0.9	0.4
humifiziert aerob	6.25 [7.00]	225 [262]	36.7 [37.2]	16.3 [14.2]
„ anaerob	6.17 [7.05]	204 [264]	22.9 [31.9]	11.2 [12.1]

Extrahierte Substanz aus Gründünger

frisch	5.00	312	85.9	27.5
humifiziert aerob	6.46 [6.47]	279 [260]	51.7 [36.4]	18.5 [14.0]
„ anaerob	—	—	—	—

Extrahierte Substanz aus Torf

frisch	9.02	211	5.9	2.8
humifiziert aerob	9.70 [9.00]	219 [209]	7.0 [7.9]	3.2 [3.8]
„ anaerob	10.05 [11.65]	211 [258]	8.2 [7.5]	3.9 [2.9]

Nach den Zahlen der letzten zwei Rubriken weisen die aus frischem Stalldünger nach dem Humus-Extraktionsverfahren

¹⁾ Der Nitratstickstoff der den Proben zugesetzten Erde ist von den in den anderen Fällen ermittelten Zahlen in Abzug gebracht.

zu gewinnenden Substanzen nur eine ganz schwache Nitratbildung auf, während die humifizierten Düngerbestandteile wesentlich günstigere Resultate ergaben. Der aerob entstandene Humus ist dem unter Luftabschluss gebildeten Material deutlich überlegen. Da letztere Substanzen den mit Humin gefällten Abwasserschlamstoffen (Huminschlamm) ihrer Natur und Zusammensetzung nach wohl am nächsten kommen dürften, so besitzen diese Zahlen für vorliegende Zwecke das meiste Interesse.

Auch die aus Gründünger extrahierten Bestandteile zeigen verhältnismässig hohe Nitratzahlen, während beim Torf die Nitrifizierbarkeit gering ist.

Leider wurde bei obigen Versuchen die Nitrifizierbarkeit der N-Substanzen nur nach der Menge der gebildeten Nitrate beurteilt, während die Nitritbildung ganz ausser acht gelassen ist. Nach meinen Versuchen scheint aber gerade der letzteren eine besondere Bedeutung zuzukommen. Auch wird der Wert der von LÖHNIS und GREEN bekannt gegebenen Versuche dadurch beeinträchtigt, dass die Ausgangsmaterialien bezüglich des Gehaltes an Humusstoffen nicht vergleichbar sind. (Analysen über den Humusgehalt der Vergleichsmaterialien wurden — wie die erwähnten Autoren besonders bemerken — nicht ausgeführt.) Bei dem zur Gewinnung meiner Ausgangsmaterialien verwendeten Huminverfahren dagegen konnte die Huminzugabe von vornherein genau dosiert werden.

Über die günstige Wirkung von Humussubstanzen auf den Abbau hochmolekularer organischer Stickstoffverbindungen liegen übrigens auch bereits sehr interessante Kulturversuche vor, welche in der K. bayr. Agrikulturbotanischen Anstalt ausgeführt und im Landwirtschaftl. Jahrbuch für Bayern 1913 veröffentlicht wurden. Von den dort beschriebenen Versuchen sind für vorliegende Arbeit jene besonders bemerkenswert, bei welchen natürliches Eiweiss mit und ohne Zusatz von Humussubstanzen zur Düngung von Kulturpflanzen verwendet wurden und welche ergaben, dass Eiweiss gemischt mit Humussubstanzen eine 15mal (!) höhere Ernte (an Pflanzentrockensubstanz) lieferte als Eiweiss ohne Humuszusatz.

Nach den angeführten Versuchen und Zitaten darf wohl als sicher angenommen werden, dass die Nitrifikation organischer N-Verbindungen, wie sie z. B. in Abwässern oder in Stalldünger in reichlicher Menge enthalten sind, durch Anwesen-

heit resp. Beimischung von Humussubstanzen entschieden beschleunigt wird, somit die im Schlusssatz des oben erwähnten Artikels der Agrartechnischen Rundschau aufgestellte Forderung erfüllt wird.

Die an früherer Stelle beschriebene Huminbehandlung der Abwässer bietet ausser der erwähnten Beschleunigung der Nitrifikation noch einen weiteren Vorteil insofern, als durch den Zusatz von Humin und die darauffolgende Ausfällung mit Tonerdesulfat u. dergl. wesentlich mehr Stickstoff und andere Pflanzennährstoffe (besonders Phosphorsäure und auch Kali) aus den Abwässern gewonnen werden können als durch bloss mechanische Klärung (Sedimentation). (Einschlägige Zahlenbelege werden in einer voraussichtlich in Bälde erscheinenden Gesamtabhandlung über das Huminverfahren gebracht werden.) Besonders hervorhebenswert ist ferner die Tatsache, dass durch die Zugabe der Humusstoffe in flüssiger Form und darauffolgende Fällung mittels Tonerde u. dergl. — wie dies beim beschriebenen Huminverfahren geschieht — die zu nitrifizierenden, suspendierten und pseudogelösten N-haltigen Abwasserbestandteile viel inniger und gleichmässiger mit den Humussubstanzen in Berührung kommen, als dies bei der von LÖHNIS und GREEN beschriebenen „Humifizierung“ oder durch mechanische Vermischung von Abwasserschlamme mit humosen Materialien möglich ist. Meiner Ansicht nach ist gerade diese innige Durchsetzung des Klärschlammes mit Humusstoffen als ein wesentlicher Faktor für die Begünstigung und Beschleunigung der Nitrifikation bei dem durch das Huminverfahren resultierenden Klärschlamm aufzufassen. Das Verfahren hat nur den einen Nachteil, dass es bei dem gegenwärtigen Preis des Humins (5 M. pro 50 kg ab Hannover) für den praktischen Betrieb im grossen zu teuer kommt, zumal aus dem Humin noch ein weiteres Klärmittel (zur Ausflockung) beigegeben werden muss. Doch ist Verfasser z. Z. damit beschäftigt, Versuche mit einem ähnlichen, bedeutend billigeren Präparat aus Moor und Torf durchzuführen; über die Ergebnisse dieser Versuche, die jetzt schon eine im wesentlichen gleichwertige Wirkung wie jene mit Humin erkennen lassen, wird vielleicht in einem weiteren Artikel Näheres berichtet werden. Es ist eben bei solchen Versuchen immer notwendig, auch die Frage der Wirtschaftlichkeit und Rentabilität mit zu berücksichtigen, zumal die praktische Durchführbarkeit der Her-

stellung eines brauchbaren natürlichen Düngemittels aus Abwässern mittels chemischer Klärverfahren immer an der Kostspieligkeit der letzteren gescheitert ist.

Ich kann meine Ausführungen nicht schliessen, ohne auch auf die Verschiedenheit der Nitrifikationsvorgänge in dem bei meinen Vorversuchen verwendeten Huminklärschlamm von den Ergebnissen der WINOGRADSKYSchen Untersuchungen hinzuweisen. WINOGRADSKY hat seine Untersuchungen durchweg in Lösungen angestellt, und es hat sich hier (wie anderwärts) wieder gezeigt, dass es zu schweren Irrtümern führen kann, Ergebnisse dieser Herkunft ohne weiteres auf die Vorgänge in festen Substraten wie z. B. im Erdboden oder in Klärschlamm, Dünger u. dergl. zu übertragen. Nach WINOGRADSKY sollten die Nitroso- und Nitrobakterien (= Nitrit- und Nitratbildner) äusserst empfindlich sein gegen lösliche organische Substanzen, sie sollten durch mehr als 0.2 % Ammonsulfat bereits in ihrer Tätigkeit gehemmt werden, auch sollte Nitrit- und Nitratbildung niemals gleichzeitig nebeneinander erfolgen können, vielmehr die Nitratbakterien selbst durch Spuren von Ammoniaksalz gehindert werden, ihre Tätigkeit zu entfalten, die erst beginnen könnte, nachdem alles Ammoniak in Nitrit umgewandelt wäre. Wenn nun auch an der Richtigkeit dieser Beobachtungen an sich nicht zu zweifeln ist, so liegen doch im natürlichen Boden und bei anderen festen Substraten die Dinge wesentlich anders, und müssen obige Sätze als ungültig bezeichnet werden.

So konnte L. C. COLEMAN in seinen Untersuchungen über Nitrifikation (C. B., II. Abtlg., 20, S. 401 ff.) durch zahlreiche Analysen beweisen, dass Dextrose bis zu 0.5 % des Bodengewichtes nicht nur ertragen wurde, sondern sogar eine deutliche und regelmässige Beschleunigung der Nitrifikation bewirkte.

Ferner stellte COLEMAN fest, dass die Nitrifikation dadurch nicht behindert wurde, dass an Ammonsulfat 1 % des Bodengewichtes — d. i. das $37\frac{1}{2}$ fache der von WINOGRADSKY angegebenen Höchstkonzentration — gegeben wurde. Und was schliesslich den dritten der oben angeführten Sätze betrifft, so liefert ausser den in Tabelle 1 angegebenen Nitrat- und Nitritreaktionen auch jeder sog. „Biologische Tropfkörper“ den Beweis, dass Nitrat- und Nitritbildung auch bei vorhandenen Ammonsalzen gleichzeitig nebeneinander verlaufen können.

Im übrigen verhalten sich nach COLEMANS Untersuchungen verschiedenartige Böden verschieden bezüglich ihres Nitrifikationsvermögens. Ganz leichter Sand ändert wenig an den für wässrige Lösungen gültigen Thesen WINOGRADSKYS; je reicher dagegen ein Boden an absorptionsfähigen Substanzen, an Humus- und Tonpartikelchen ist, um so weiter entfernen sich die tatsächlichen Vorgänge von jenen Sätzen. Kein Wunder demnach, dass auch der an Humussubstanz reiche Huminklärschlamm hinsichtlich seiner Nitrifizierbarkeit sich anders verhält als nach WINOGRADSKY anzunehmen wäre. Über den quantitativen Verlauf der Umsetzungen werden — wie schon erwähnt — die bereits in Angriff genommenen neuen Versuche in Bälde Aufschluss geben.

Über die tieferen Ursachen der Beschleunigung der Nitrifikation bei Gegenwart von Humussubstanzen (— auch bei der N-Bindung durch Azotobakter u. a. wurde ein günstiger Einfluss von Humusstoffen festgestellt —) kann noch nichts Bestimmtes gesagt werden. Es ist hierbei vor allem zu entscheiden, ob eine Reizwirkung in Frage kommt oder ob diese Substanzen als Energiematerial (C-Quelle) dienen oder endlich, ob die Wirkung durch besondere physikalische Eigenschaften von Huminklärschlamm (wie Oberflächenvergrößerung, Quellungsvermögen, Sauerstoffverdichtung u. dergl.) bedingt ist. Ich persönlich neige aus Gründen, deren nähere Erörterung hier zu weit führen würde, der letzteren Ansicht zu.

Um diese letzteren Fragen in befriedigender Weise lösen zu können, wird es allerdings notwendig sein, dass mit der biologischen Humusforschung auch die chemische Hand in Hand geht. Obwohl nun unsere Kenntnisse in der Chemie der Humusstoffe immer noch manche Lücken aufweisen, so haben doch in neuester Zeit die Arbeiten von TACKE, SÜCHTING, RINDELL, BAUMANN und GULLY, SVEN ODEN und schliesslich die Untersuchungen EMIL FISCHERS über Glucal, ein leicht in eine Humussubstanz umwandelbares Reduktionsprodukt der Glykose, sehr zur Aufklärung des chemischen Charakters der Humussubstanzen beigetragen und es steht zu erwarten, dass die schon jetzt gewonnenen neuen Kenntnisse auch auf die Erklärung der biochemischen Vorgänge im Erdboden resp. im Abwasserklärschlamm befruchtend wirken werden.

Mitteilung aus der Gr. bad. Landw. Versuchsanstalt Augustenberg.

Über ein Verfahren zur Unterscheidung von aufgeschlossenen Stroh und Rohstroh nebst Versuchen zur Bestimmung der verdaulichen Rohfaser.

Von

F. MACH und P. LEDERLE.

(Mit einer Textabbildung.)

Das Aufschliessen des Strohs oder anderer rohfaserreicher Rohstoffe durch Lauge mit oder ohne Anwendung von Druck hat bekanntlich während des Krieges eine sehr grosse Bedeutung erlangt. Das gewonnene Erzeugnis ist aber unseres Wissens eigentlich nur mit Hilfe eines exakten Fütterungsversuches auf seinen Wert zu prüfen. Sowohl für den Verbraucher wie für die Untersuchungsanstalten, die aufgeschlossenes Stroh zu prüfen und zu begutachten haben, wird es daher wertvoll sein, ein Verfahren zu besitzen, das eine Unterscheidung von rohen und aufgeschlossenen Rauhfuttermitteln und womöglich auch eine Abschätzung des Aufschliessungsgrades gestattet.

Durch die Aufschliessung wird allem Anschein nach bewirkt, dass die inkrustierenden Bestandteile der Zellwandungen gelöst oder so weit verändert werden, dass die Verdauungssäfte oder die bei der Verdauung der Rohfaser mitwirkenden Bakterien angreifen können. Nach den Ergebnissen der neueren Forschungen muss man annehmen, dass der verdauliche Anteil der Rohfaser im wesentlichen aus Zellulose besteht.¹⁾ Es lag daher

¹⁾ Vergl. HONCAMP u. RIES, Landw. Versuchs-Stationen 1914, Bd. 84, S. 301—398.

nahe, das bekannte Lösungsmittel für Zellulose, das Kupferoxydammoniak, für den angegebenen Zweck heranzuziehen, insbesondere weil angenommen werden konnte, dass inkrustierte, also schwer verdauliche Zellwandungen von dem Reagens schwerer angegriffen würden als nicht oder schwach verholzte. Die ersten Versuche fielen ermutigend aus; und wenn sich auch im Laufe der Untersuchungen mancherlei Schwierigkeiten herausgestellt haben, die überwunden werden mussten, so ist doch mindestens erreicht worden, dass die Unterscheidung von Rohstroh und aufgeschlossnem Stroh nunmehr möglich ist. Wir hoffen aber, dass die im nachstehenden geschilderten beiden Verfahren auch sonst noch für die Prüfung und Beurteilung der Futtermittel, insbesondere der Rauhfuttermittel, Wert besitzen oder erlangen werden. Zwar sind die damit ausgeführten Untersuchungen noch nicht sehr zahlreich, doch lassen sie immerhin ein Urteil zu. Natürlich werden die Untersuchungen fortzusetzen sein, um grössere Klarheit zu gewinnen. Da hierbei aber auch die Mitarbeit von möglichst vielen Fachgenossen erwünscht ist, haben wir nicht länger gezögert, die von uns eingeschlagene Arbeitsweise und die bisher gewonnenen Ergebnisse der Öffentlichkeit zu übergeben.

Von einer ausführlichen Wiedergabe der zahlreichen Vorversuche kann abgesehen werden, da die Gestaltung der zu beschreibenden Verfahren dem Ergebnis dieser Versuche angepasst wurde. Sie werden, wo es nottut, bei Einzelheiten erörtert werden.

Es wurde zunächst versucht, die bei der Behandlung des entfetteten Futtermittels in Lösung gehenden zelluloseartigen Bestandteile selbst zu bestimmen. Es hat sich dabei ergeben, dass es auf die Konzentration und Beschaffenheit des Kupferoxydammoniaks, die Menge des Futtermittels, die Art der Dauer der Behandlung, das Ausfällen und die weitere Behandlung ankommt, wenn gleichmässige Werte erhalten werden sollen.

Vor allem ist die Herstellung der Kupferoxydammoniaklösung von Wichtigkeit. Es ist nicht nur erforderlich, den Kupfergehalt genau einzustellen; man muss vor allem auch die Oxydationsstufe des Kupfers berücksichtigen. Wir fanden, dass eine Lösung, die durch abwechselndes Behandeln von Kupferdrehspänen mit Wasserstoffsuperoxyd und konz. Ammoniak hergestellt worden war, sich als erheblich weniger wirksam erwies

als eine andere, bei der anstelle des Befeuchtens mit H_2O_2 ein Sauerstoffstrom intermittierend über die Drehspäne geleitet worden war, obwohl beide Lösungen bei gleichem Ammoniakgehalt in 100 ccm genau 1 g Cu enthielten. Diese Erscheinung erklärt sich aller Wahrscheinlichkeit nach dadurch, dass neben Kupferoxyd auch Kupferoxydul in Lösung geht. Es ist bekannt, dass die blaue Lösung bei längerer Berührung mit Kupferdrehspänen allmählich entfärbt wird, und dass Kupferoxydul mit Ammoniak eine farblose Lösung gibt, die an der Luft rasch blau wird und stark reduzierend wirkt.¹⁾ Wurde der Luftraum über der oben erwähnten mit H_2O_2 bereiteten Lösung in eine geräumige Flasche mit Sauerstoff gefüllt und die Lösung geschüttelt, so erreichte sie die Wirksamkeit des mit Sauerstoff hergestellten Kupferoxydammoniaks, bei dem ein nachträgliches Schütteln mit Sauerstoff ohne Einfluss blieb. Es ist daher notwendig, die blaue Lösung nur kurze Zeit auf den Kupferspänen stehen zu lassen²⁾ und der Sicherheit halber die fertige abfiltrierte Lösung noch einmal mit Sauerstoff zu behandeln. Demgemäss hat sich für die Herstellung des Kupferoxydammoniaks die nachstehend beschriebene Bereitungsweise bewährt:

Man beschickt 2 oder noch besser 3 geräumige, etwa 2 l fassende Glasflaschen mit eingeschliffenen Stopfen mit so viel Kupferdrehspänen, dass sie ungefähr die halbe Flasche füllen, befeuchtet die Späne mit konz. Ammoniak (spez. Gewicht 0.925), und lässt in die 1. Flasche durch ein Glasrohr, das bis auf den Boden der Flasche reicht, einen langsamen Sauerstoffstrom (am besten aus einer Bombe) ungefähr 10 Min. lang streichen,³⁾ füllt die Flasche hierauf zu etwa $\frac{3}{4}$ mit konz. Ammoniak und lässt sie verschlossen etwa 10 Min. stehen. Schütteln ist nicht nötig. Währenddem behandelt man die Späne in der 2. Flasche in gleicher Weise mit Sauerstoff, giesst nach 10 Min. die Ammoniakflüssigkeit aus

¹⁾ Vergl. LADENBURGS Handwörterbuch der Chemie Bd. 6, S. 345.

²⁾ Lässt man die Späne nach dem Abgiessen der Cu-Ammoniak-Lösung in verschlossener Flasche über Nacht stehen, so entfärbt sich der verbleibende Rest der Flüssigkeit und es bildet sich ein gelb gefärbter, Cu_2O enthaltender Bodensatz, der nicht entsteht, wenn man die Flasche mit den Spänen nach dem Abgiessen zum Abtropfen mit der Mündung nach unten stellt (über ein Becherglas) und die Flasche offen lässt.

³⁾ Die Stärke des Gasstroms prüft man, indem man das Glasrohr vorher in Wasser taucht.

der 1. in die 2. Flasche und behandelt die Späne wieder mit Sauerstoff. Hat man noch eine 3. Flasche zur Verfügung, so kann man den Sauerstoffstrom ununterbrochen auf eine der Flaschenfüllungen einwirken lassen. Man erspart dann das jedesmalige Abstellen. Dies Verfahren ist so lange fortzusetzen, bis die Lösung eine tiefdunkelblaue Farbe angenommen hat. (Gewöhnlich genügt ein 4—5maliges Umgiessen.) Um zu erkennen, ob die Lösung hinreichend stark ist, muss, solange man keine Vergleichslösung von bekannter Stärke besitzt, der Kupfergehalt bestimmt werden. Das geschieht am einfachsten und raschesten durch Titration nach der Titantrichloridmethode. Man misst zu diesem Zweck 25 ccm der durch kurzes Stehen geklärten Kupferoxydammoniaklösung (mittels Saugpumpe aufzusaugen!) in einer Pipette ab und lässt sie in 200 ccm 10 %ige Salzsäure laufen, die sich in einem 500 ccm-Kolben befinden, füllt nach dem Abkühlen auf und titriert 50 ccm (= 2.5 ccm der ursprünglichen Lösung), die man nach Zusatz von $\frac{1}{10}$ ccm (2 Tropfen) einer $\frac{1}{10}$ -n. Eisenchloridlösung und unter Zugabe von einigen Bimasteinstückchen 5 Min. lang gekocht hat, in der von uns kürzlich¹⁾ angegebenen Weise mit Titantrichlorid. Hat man aber eine bereits eingestellte Cu-Ammoniaklösung, so genügt es zunächst, 5 ccm dieser Vergleichslösung und ebenso 5 ccm der zu prüfenden Lösung auf 100 ccm zu verdünnen und die Farbstärke zu vergleichen. Ergibt sich hierbei, dass die Farbe der zu prüfenden Lösung dunkler ist als die der Vergleichslösung oder ist durch Titration festgestellt, dass die Lösung mehr Kupfer enthält als nötig, so ist sie durch einen bedeckt zu haltenden geräumigen Trichter, in dem (auf einer Siebplatte) eine Asbestfilterschicht angebracht ist, klar zu filtrieren und der Cu-Gehalt nochmals durch Titration zu bestimmen. Hat man hierbei z. B. gefunden, dass in 100 ccm 1.125 g Cu enthalten sind, so sind, um eine Lösung mit 1 g Cu in 100 ccm zu erhalten, auf jeden Liter Flüssigkeit 125 ccm konz. Ammoniak zuzufügen. Die fertig verdünnte Lösung lässt man dann noch zweckmässig über Nacht in einer Flasche, die von der Lösung nur etwa zur Hälfte ausgefüllt und in die man vorher längere Zeit Sauerstoff eingeleitet hatte, stehen. Diese Vorsichtsmassregel soll die etwa vorhandenen letzten Spuren von Kupferoxydul beseitigen. Es

¹⁾ Landw. Versuchs-Stationen 1917, Bd. 90, S. 191—224.

ist bisher nicht gelungen, einen einfachen und zuverlässigen Nachweis von Cu_2O im Cu-Ammoniak zu finden. Der Nachweis wird vor allem dadurch erschwert, dass bei der Behandlung der Kupferdrehspäne mit Sauerstoff Nitrite und wahrscheinlich auch Nitrate entstehen, die beim Ansäuern der ammoniakalischen Lösung eine Oxydation der Kupferoxydulverbindungen bewirken. Wir haben indessen gefunden, dass das in der geschilderten Weise bereitete Cu-Ammoniak durch eine nachträgliche Sauerstoffbehandlung keine höhere Wirksamkeit bekommt, vorausgesetzt, dass man die Drehspäne nicht länger als notwendig mit der ammoniakalischen Flüssigkeit in Berührung lässt und die auf Seite 271 angegebene Vorsichtsmassregel trifft.

In der fertig verdünnten Lösung ist der Cu-Gehalt nochmals in der oben angegebenen Weise zu bestimmen. Man ist dann sicher, dass beim Verdünnen kein Fehler unterlaufen ist. Einige Milligramme Cu für 100 ccm mehr oder weniger spielen natürlich keine Rolle. Auf den bei der Herstellung der Cu-Ammoniaklösung eintretenden Ammoniakverlust braucht man keine Rücksicht zu nehmen. Er ist gewöhnlich an sich nicht gross; ausserdem wird die Wirksamkeit des Cu-Ammoniaks durch geringe Schwankungen des Ammoniakgehaltes nicht beeinflusst.

Um sich von der richtigen und gleichmässigen Wirksamkeit der eingestellten Lösung zu überzeugen, verfährt man in Ermangelung eines einfachen Verfahrens zum Nachweis von Cu_2O am sichersten in folgender Weise: Man bereitet sich von vornherein eine grössere Menge Cu-Ammoniak (etwa 10 l, die für 30 Bestimmungen ausreichen) und prüft diese mit Hilfe eines geeigneten Futtermittels, das von Cu-Ammoniak nicht besonders leicht angegriffen wird. Wir verwenden dazu Holzmehl,¹⁾ weil bei diesem Material Mischungsfehler, wie sie bei Rauhfuttermitteln eintreten können, so gut wie ausgeschlossen sind und weil Cu_2O -haltiges Cu-Ammoniak bei ihm einen starken Ausschlag nach unten gibt. Man behandelt das Holzmehl nach einem der beiden weiter unten angegebenen Verfahren und zwar einmal unter Verwendung der Lösung selbst und das 2. Mal mit der zuvor nochmals mit Sauerstoff behandelten Lösung

¹⁾ Wie es von den Bäckern zum Bestreuen der Backgeräte verwendet wird.

(rund 500 ccm werden in eine mit Sauerstoff gefüllte 2 l-Flasche gebracht und über Nacht unter öfterem Umschütteln stehen gelassen). Ergeben die beiden Bestimmungen übereinstimmende Werte, so ist das Cu-Ammoniak völlig einwandfrei. Bei späterer Bereitung neuer Lösung genügt dann eine Bestimmung, da ja die Löslichkeit der Standardsubstanz bekannt ist.

Für die Prüfung der Futtermittel sind nun 2 Verfahren eingeschlagen worden. Das erste scheint für die Unterscheidung von aufgeschlossenem und rohem Stroh (oder andern Rauhfuttermitteln) etwas brauchbarere Werte zu liefern und wird vielleicht auch benutzt werden können, um über die Natur der Rohfaser und eines Teils der N-freien Extraktstoffe eingehendere Kenntnisse zu erlangen, als es nach den bisher bei der Futtermittelanalyse gebräuchlichen Verfahren möglich war. Um hierüber nähere Angaben machen zu können, bedarf es jedoch noch eingehender Untersuchungen, die wir bis jetzt nicht ausführen konnten. Durch das Verfahren werden die durch Cu-Ammoniak in Lösung gebrachten und durch Alkohol und Essigsäure ausgefällten Zellulosen und zelluloseartigen Verbindungen bestimmt: es soll im nachstehenden als Verfahren zur Bestimmung der löslichen Rohzellulose bezeichnet werden.

A. Bestimmung der löslichen Rohzellulose.

Die Ausführungsweise, wie sie sich auf Grund unserer Versuche gestaltet hat, ist folgende: Von dem durch ein 1 mm-Sieb getriebenen Futtermittel werden 2 g in einen Neubauer-Tiegel (aus Gold oder Platin) oder weniger gut in einen mit Asbest beschickten Porzellan-Goochtiegel gebracht und mit Azeton entfettet. Wir bedienen uns dazu der in Figur 15 dargestellten leicht herstellbaren Vorrichtung. Sie besteht aus einem gewöhnlichen weithalsigen Pulverglas von etwa 800 ccm Inhalt, das mit einem Korkstopfen verschlossen ist, durch den ein 60 bis 70 cm langes, als Rückflusskühler wirkendes Glasrohr von 8 bis 10 mm lichter Weite geht. Durch den Korkstopfen ist ausserdem ein kräftiger Draht gesteckt, der oberhalb des Stopfens umgebogen und in einer der Tiegelhöhe entsprechenden Entfernung von der unteren Mündung des Glasrohrs zu einem dem mittleren Durchmesser des Tiegels angepassten Ring gebogen ist. Das im Glasrohr sich niederschlagende Azeton tropft dann auf den in den Ring gesetzten Tiegel. Man beschickt das Pulverglas mit

einigen Bimssteinstückchen und 50—75 ccm Azeton, verschliesst es mit dem Tiegel und Glasrohr tragenden Kork, und stellt es auf ein Wasserbad, das man erst hierauf, um ein Springen des Glases zu vermeiden, zum Sieden bringt. Nach einer Stunde von Beginn des Siedens an gerechnet ist das Futtermittel genügend weit entfettet. Das Azeton darf nicht zu heftig kochen, damit sich der Tiegel nicht zu stark füllt und etwa überläuft. Verwendet man gut laufende Tiegel, so ist ein Überlaufen nicht zu befürchten. Um die Kühlwirkung des Glasrohrs zu erhöhen, ist es mit mehreren Lagen Filtrierpapier zu umwickeln, die an 2 bis 3 Stellen mit Bindfaden festgebunden sind und durch dest. Wasser feuchtgehalten werden. Gewöhnlich erwärmt sich die Filterpapierschicht während der einen Stunde nur bis zur halben Höhe des Rohrs.

Bei Salzen und Melasse enthaltenden Futtermitteln empfiehlt es sich, die in den Tiegel gebrachten 3 g, bevor sie in den Apparat kommen, zunächst mit einer Mischung von 75 ccm Azeton und 25 ccm Wasser bis zur Erschöpfung auszuziehen und das wässrige Azeton dann durch wasserfreies zu verdrängen. Salze, von denen hier im wesentlichen nur Kochsalz in Betracht kommt, könnten bei grossen Mengen die Einwirkung des Cu-Ammoniaks stören. Die Melasse würde das Entfetten beeinträchtigen.

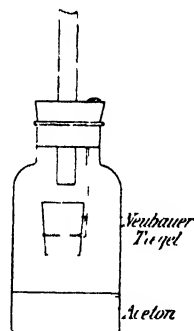


Fig. 15.

Nach beendetem Ausziehen setzt man den Tiegel, nachdem man das vom Tiegelinhalt festgehaltene Azeton mittels Saugpumpe abgesaugt hat, auf einen warmen Trockenschrank, bis der Azetongeruch verschwunden ist, und bringt das nunmehr staubig trockene Futtermittel¹⁾ in eine 500 ccm-Schüttelflasche, wie sie bei der Bestimmung der zitronensäurelöslichen Phosphorsäure benutzt werden, übergiesst unter Umschwenken mit 200 ccm Cu-Ammoniak (abgemessen in einem auf Ausguss geeichten 200 ccm, Kölbchen), verschliesst die Flasche und schüttelt die Mischung

¹⁾ Man setzt dazu auf die Flasche einen weithalsigen Trichter und lässt, um ein Verstauben zu verhüten, nur kleine Anteile nacheinander in die Flasche fallen. Die letzten Reste entfernt man aus dem Tiegel mit Hilfe eines kurzen, steifborstigen Pinsels.

2 Stunden in einem WAGNERSchen Rotierapparat bei 30 bis 35 Umdrehungen in der Minute aus. Hierauf filtriert man sofort durch ein trockenes Asbestfilter, das man sich in einer Stärke von etwa $\frac{1}{2}$ cm zwischen 2 Porzellansiebplatten (von 4—5 cm Durchmesser) in einem geräumigen Trichter, der die ganze Lösung aufnehmen kann und während des Filtrierens bedeckt gehalten wird, hergestellt hat. Das erste Filtrat ist gewöhnlich etwas trüb und muss bis zum völligen Klarwerden zurückgegossen werden. Zu 50 ccm des Filtrats (= 0.5 g Substanz)¹⁾, die man in ein Becherglas von 600—800 ccm Fassungsraum gibt, setzt man unter Umrühren 100 ccm 96 %igen Alkohol und rührt $\frac{1}{2}$ Stunde im Rührapparat aus, sodann setzt man 50 ccm 96 %ige Essigsäure zu, erhitzt auf dem Drahtnetz bis zum Aufkochen (nicht länger) und filtriert durch ein gewogenes aschefreies Papierfilter. Obwohl die Fällung auch durch Säure allein bewirkt werden kann, ist die Zugabe von Alkohol nicht zu umgehen, da sonst die abgeschiedene Rohzellulose beim Trocknen meistens hornartig zusammenbackt und schlecht trocknet.

Die Essigsäure besitzt gegenüber Mineralsäuren, mit denen wir zuerst gearbeitet haben, den Vorzug, die Rohzellulose kaum anzugreifen, so dass man besser übereinstimmende Werte erzielt, als mit Schwefel- oder Salzsäure. Mit Alkohol allein kommt man ebenfalls nicht aus, weil der Niederschlag das Kupfer sehr fest hält und es einfacher ist, die Flüssigkeit vorher anzusäuern, als den Niederschlag auf dem Filter mit Säure zu durchfeuchten. Versuche, anstelle von Säure Salzlösungen oder Lauge zu verwenden, führten ebenfalls zu keinen befriedigenden Ergebnissen.

Den quantitativ gesammelten Niederschlag wäscht man zunächst mit heissem Wasser und schliesslich mit Azeton aus, legt Filter samt Niederschlag bis zum Verschwinden des Azetongeruchs auf den warmen Trockenschrank, trocknet 3 Stunden bei 105—110° und wägt so rasch als irgend möglich im geschlossenen Wägegläschen.

Der Fehler, der durch das Wägen des warmen Filters entstehen kann, ist viel kleiner, als wenn man das reine oder das mit Niederschlag beschickte Filter erst erkalten lässt und

¹⁾ Das Abpipettieren muss wie beim Einstellen der Cu-Ammoniaklösung mit Hilfe einer Saugpumpe bewerkstelligt werden, was bei einiger Übung ohne Schwierigkeiten gelingt.

dann wägt. Wir verfahren in dieser Weise bei der Rohfaserbestimmung schon seit Jahren, wie das auch in anderen landw. Versuchsstationen üblich ist, ohne dass sich dabei irgend welche Unzuträglichkeiten herausgestellt haben. Man muss nur darauf bedacht sein, das Filter aus dem natürlich nur ganz kurz zu öffnenden Trockenschrank unmittelbar mittels Pinzette (nicht mit der Hand) in das Wägegläschen zu bringen, es sofort zu verschliessen und die Wägung mit allen Mitteln zu beschleunigen. Die Genauigkeit der Wägung auf weniger als ganze Milligramme zu bringen hat bei Bestimmungen der hier in Betracht kommenden Art natürlich keinen Wert, da die unvermeidlichen Fehler weit aus grösser sind. Bei Versuchen, anstelle eines Papierfilters einen Gooch- oder Neubauertiegel zu benutzen, stiessen wir auf nicht zu überwindende Schwierigkeiten, da die Rohzellulose auch bei schwachem Ansaugen die Filterschicht verstopft, während das Filtrieren bei gut laufenden Trichtern mit Papierfiltern¹⁾ stets rasch vonstatten ging.

Der Aschegehalt der Rohzellulose kann ohne weiteres vernachlässigt werden, da er, wenn nicht grobe Fehler beim Auswaschen vorgekommen sind, nach unseren Beobachtungen 1 mg niemals übersteigt.

Mit Hilfe des geschilderten Verfahrens sind nun zwar noch nicht besonders zahlreiche Untersuchungen durchgeführt worden. Sie lassen aber erkennen, dass man damit befriedigende Zahlen erhält. Die Bestimmungen werden später ergänzt werden. Es ist das bis jetzt nicht geschehen, weil das weiter unten beschriebene Verfahren uns aussichtsreicher und wertvoller erschien. Eine grössere Reihe von Bestimmungen wurde mit einer Cu-Ammoniaklösung ausgeführt, die wahrscheinlich noch etwas Kupferoxydul enthalten hat. Wir sehen daher von einer Wiedergabe der Ergebnisse ab, betonen aber, dass sie im wesentlichen zu ganz ähnlichen Werten geführt haben und hinsichtlich des verschiedenen Verhaltens vom Rohstroh und aufgeschlossenem Stroh dasselbe Bild lieferten wie die nachstehend wiedergegebenen Zahlen.

Bei diesen Bestimmungen wurde ein Cu-Ammoniak verwendet, das in 100 ccm 0.75 g Cu enthielt.²⁾

¹⁾ Vergl. Chem.-Ztg. 1917, Bd. 40, S. 521.

²⁾ Wahrscheinlich wird es angebracht sein, auch bei dieser Methode ein Cu-Ammoniak zu verwenden, das 1 g Cu in 100 ccm enthält.

Als Prüfstein dienten uns in erster Linie Proben von aufgeschlossenem Stroh, Rohstroh und Heu, die uns in liebenswürdiger Weise von Herrn Geheimrat FR. LEHMANN, Göttingen, zur Verfügung gestellt worden waren, ferner eine Probe von OEXMANN'SCHEM Strohstoff, die wir Herrn Prof. FINGERLING, Möckern, eine Probe Strohstoff aus Coswig, die wir Herrn Prof. MORGEN, Hohenheim, verdanken, sowie einige uns durch den Kriegsausschuss für Ersatzfutter überlassene Proben. Es sei uns gestattet, den Genannten auch an dieser Stelle für die freundliche Unterstützung unseren verbindlichsten Dank auszusprechen.

Bezeichnung des untersuchten Futtermittels	Roh- zellulose	Rohfaser	Auf 100 Roh- faser wurden erhalten an Rohzellulose
	o/o	o/o	
Heu (Göttingen)	11.5	24.6	47 (63.0)
Roggenstroh (Göttingen).	16.8	41.9	40 (51.4)
Rohstroh (Göttingen)	15.8	42.6	37 (60.4)
Gerstenstroh (Augustenberg)	14.2	40.2	35 (87.4)
A-Stroh 20 o/o (Göttingen)	54.8	55.1	99 (85.8)
E-Stroh 20 " "	52.0	52.4	99 (78.5)
" 6 " "	48.0	47.9	100 (69.2)
" Nr. 4 " "	47.6	46.7	101 (72.9)
" " 6 " "	43.0	36.0	119
Strohstoff aus Coswig (Hohenheim)	70.0	65.2	107
" nach OEXMANN (Möckern).	54.0	51.3	105
Aufgeschl. Stroh nach COLSMANN	52.0	59.9	86
" aus Dahlem	47.7	62.8	75
Heidekrautmehl (F. Nr. 236)	8.8	24.8	35
Schilfrohrmehl (F. Nr. 237)	10.4	25.0	41

Hierzu ist zu bemerken, dass die bei den Göttinger Proben angeführten, eingeklammerten Zahlen die uns von Herrn Geheimrat LEHMANN angegebenen, bei Fütterungsversuchen ermittelten Verdauungskoeffizienten sind. Diese sind bei den unbehandelten Rauhfuttermitteln erheblich höher, bei den aufgeschlossenen dagegen wesentlich niedriger als der gefundenen Rohzellulose entsprechen würde. Es tritt aber sehr deutlich zutage, dass die Unterschiede in der gefundenen Rohzellulose sowohl in bezug auf die absolute Menge als auch in bezug auf die vorhandene Rohfasermenge bei allen Proben so gross sind, dass man zu einer quantitativen Abschätzung gelangen kann.

Besonders beachtet zu werden verdient ferner, dass bei mehreren der aufgeschlossenen Stroharten und bei den beiden Strohstoffproben aus Coswig und nach OEXMANN mehr Rohzellulose als Rohfaser erhalten wurde. Dies beruht augenscheinlich darauf, dass entweder in der nach dem Weender Verfahren hergestellten Rohfaser nicht die Gesamtmenge der Zellulose erhalten wird, oder dass beim Abscheiden der Rohzellulose aus der Cu-Ammoniaklösung andere zelluloseartige Körper mitgefällt werden oder endlich, dass beide Vorgänge zugleich stattfinden. Dass ein Teil der Zellulose bei der Bestimmung der Rohfaser nach dem Weender Verfahren gelöst wird, ist nach dem, was über dies Verfahren bisher bekannt geworden ist,¹⁾ nicht auffallend. Dass aber auch andere Körper mitausgefällt werden, wird durch das Verhalten von Steinnussmehl bewiesen. Die Steinnüsse enthalten bekanntlich grössere Mengen von Hemizellulosen, die bei der Rohfaserbestimmung zum grossen Teil gelöst werden. Wir fanden in einer aus ganzen Nüssen hergestellten Probe, die durch ein 1 mm-Sieb getrieben war, nur 13.6 % Rohfaser, aber 53.8 % Rohzellulose, also rund 4mal so viel. Man wird also damit zu rechnen haben, dass Futtermittel, die nennenswerte Mengen von Hemizellulosen oder dergl. enthalten, nach dem oben beschriebenen Verfahren u. U. mehr an Rohzellulose liefern, als der Rohfaser entspricht, oder dass die gefundene Rohzellulose nicht aus den als Rohfaser gefundenen Zellwandbestandteilen, sondern z. T. wenigstens aus den sogen. stickstofffreien Extraktstoffen stammt. Wir hoffen daher, dass es mit Hilfe unseres Verfahrens möglich sein wird, tiefere Einblicke in das noch immer recht unklare Verhältnis zwischen Rohfaser und stickstofffreien Extraktstoffen zu erhalten, als es bisher möglich war. Dazu wird erforderlich sein, dass man die Elementarzusammensetzung der gewonnenen Rohzellulose, ihren Gehalt an furfurolliefernden Stoffen, ihr Verhalten gegen die bei der Rohfaserbestimmung benützten Reagenzien sowie endlich auch das Verhalten der isolierten Rohfaser selbst gegen Cu-Ammoniak verfolgt. Wir würden es begrüßen, wenn Untersuchungen dieser Art von anderer Seite durchgeführt werden würden, da wir zunächst beabsichtigen, das im folgenden

¹⁾ Man vergleiche die bereits erwähnte Arbeit von HONCAMP, Landw. Versuchs-Stationen 1914, Bd. 84, S. 301—398.

beschriebene Verfahren in seiner Anwendung auf die Kennzeichnung der Futtermittel in erster Linie zu bearbeiten.

Wir haben von vornherein als Ziel im Auge gehabt, ein Verfahren zu erhalten, das wenigstens annähernd Aufschluss über die verdauliche Rohfaser liefert, und damit auch für die Futtermittelkontrolle und die Bewertung der Futtermittel, insbesondere verfälschter Futtermittel, herangezogen werden kann. Aus dem geschilderten Verhalten der bisher untersuchten Futtermittel, vor allem dem des Steinnussmehls, mussten wir aber erkennen, dass das gesteckte Ziel auf dem eingeschlagenen Wege nicht zu erreichen war. Wir haben daher versucht, die nach der Behandlung mit Cu-Ammoniak verbleibende Rohfaser zu bestimmen, und glauben schon jetzt sagen zu können, dass dieser Weg zu erheblich befriedigenderen Zahlen führt.

B. Bestimmung der unlöslichen oder schwerlöslichen Rohfaser.

Das eingeschlagene Verfahren ist im wesentlichen eine Rohfaserbestimmung, bei der vorher die in Cu-Ammoniak bestimmter Konzentration löslichen zelluloseartigen Verbindungen durch entsprechende Behandlung des betreffenden Futtermittels entfernt sind. Es war anzunehmen, dass hierbei Hemizellulosen oder dergl., sowie furfurolliefernde Verbindungen nicht stören und dass andererseits Gewebe, die stark inkrustiert sind, dem Angriff des Cu-Ammoniaks bedeutend grösseren Widerstand entgegenstellen würden, als schwach verholzte oder von den inkrustierenden Bestandteilen befreite Gewebe. Diese Vermutung hat sich bestätigt.

Wir verfahren nun folgendermassen: Man entfettet 3 g des durch ein 1 mm-Sieb getriebenen Futtermittels in gleicher Weise, wie es bei Methode A beschrieben wurde,¹⁾ durch Azeton, bringt das getrocknete und nicht mehr nach Azeton riechende Futtermittel quantitativ in eine Schüttelflasche, übergiesst unter Umschütteln mit 300 ccm Cu-Ammoniak, schüttelt im Rotierapparat 2 Stunden²⁾ und bringt die gesamte Flüssigkeit,

¹⁾ Wenn es sich um sehr sperrige Futtermittel handelt, so verteilt man am besten die 3 g auf 2 Tiegel, falls man keinen sehr geräumigen Tiegel zur Verfügung hat.

²⁾ Man verschliesst die Flaschen mit Kautschukstopfen, die vom Cu-Ammoniak nicht angegriffen werden.

samt dem Ungelösten in ein Becherglas von 800 ccm Inhalt (Höhe 13 cm, Durchmesser 11 cm), spült die Flasche mit Wasser oder, wenn einzelne Teilchen des Ungelösten fest an den Wandungen haften sollten, unter Zusatz von Ammoniak, sorgfältig aus und gibt so viel Wasser zu, dass das Becherglas gefüllt ist. Nach rund $\frac{1}{2}$ Stunde giesst man die Flüssigkeit in einen grossen Stutzen (wir verwenden ein sogen. Elementenglas, das 25 cm hoch ist, einen lichten Durchmesser von 11—12 cm besitzt und etwas mehr als 2 l fasst), ohne den Bodensatz aufzurühren, vorsichtig und möglichst vollständig ab, füllt das Becherglas nochmals mit dest. Wasser, giesst nach dem Absetzen wiederum ab und wiederholt diese Behandlung, bis der Stutzen nahezu voll ist. Bei hemizellulosereichen Futtermitteln, wie den Steinnussspänen, kann es nach dem ersten Abgiessen vorkommen, dass Abscheidungen von fädig-schleimigem Aussehen auftreten, wenn man den verbliebenen Rest der Flüssigkeit plötzlich mit einer grossen Menge Wasser verdünnt. Das tritt nicht ein, wenn man das Wasser allmählich zugiesst. Übrigens geht die Abscheidung bei der weiteren Behandlung wieder in Lösung. Den gefüllten Stutzen lässt man bedeckt über Nacht stehen, hebert ihn dann mit einem unten kurz umgebogenen Heberrohr ab — die Flüssigkeit ist gewöhnlich sehr dunkel gefärbt und nur in verhältnismässig dünner Schicht durchsichtig; sie erscheint in einem Messzylinder von etwa 3—4 cm Durchmesser völlig klar. Neigt man zum Schluss des Abhebers den Stutzen vorsichtig und hält das Heberrohr so, dass die Mündung an der Wandung liegt, so gelingt es leicht, die Flüssigkeit bis auf einen Rest von 30—40 ccm abzuziehen, ohne dass ungelöste Teile mitgerissen werden. Den Rest verdünnt man mit ungefähr 1 l Wasser und lässt nochmals bis zum anderen Tage stehen. Man hebert wiederum ab, spült den im Stutzen verbliebenen Rückstand in das Becherglas und gibt zu der noch schwach ammoniakalischen Flüssigkeit in kleinen Portionen 5%ige Schwefelsäure, bis sie gegen Lakmus sauer reagiert. Hierauf fügt man 50 ccm Rohfaserschwefelsäure zu, füllt mit Wasser bis zu einer bei 200 ccm angebrachten Marke auf und verfährt weiterhin, wie es bei der Rohfaserbestimmung üblich ist.

Da man bei diesem Verfahren naturgemäss nur dann vergleichbare Werte erhalten kann, wenn die Bestimmung der in Cu-Ammoniak löslichen Rohfaser und die der eigentlichen Rohfaser

überall in genau gleicher Weise durchgeführt wird, scheint es uns geboten, dass der Ausführung des Rohfaser-Verfahrens in seinen Einzelheiten eine wesentlich grössere Aufmerksamkeit gewidmet wird, als das bisher geschehen ist. Es ist nicht weiter auffallend, dass die Zahlen, die von verschiedenen Untersuchern für die Rohfaser erhalten werden, und zwar besonders bei roh-faserreichen Futtermitteln, recht grosse Abweichungen zeigen, wenn man berücksichtigt, dass bei der an sich ziemlich willkürlich festgesetzten Methode keinerlei Ausführungsvereinbarungen vorliegen. Die Art des Kochens, sei es, dass es in offener Schale, im bedeckten Becherglas oder in der HOLDEFLEISS'schen Birne im Dampfstrome vorgenommen wird, die Trennung der Flüssigkeit vom Ungelosten (Absaugen durch Gaze oder Abhebern nach längerem Stehenlassen) und endlich die Behandlung der fertig gekochten Rohfaser mit wasser- und fettentziehenden Mitteln müssen es notwendigerweise mit sich bringen, dass die gefundenen Werte selbst bei gleichartigen Proben erheblich schwanken. Es wird sich daher empfehlen, dass der Verband landw. Versuchsstationen sobald als möglich eine in sämtlichen irgendwie einflussbesitzenden Einzelheiten festgelegte Vorschrift ausarbeitet, um so zu übereinstimmenden und vergleichbaren Werten zu gelangen.

Wir haben uns mit dieser Frage bereits seit einiger Zeit beschäftigt und auch versucht, einige Vereinfachungen und Verbesserungen aufzufinden. Es hat sich herausgestellt, dass es durchaus überflüssig ist, nach dem Kochen mit Schwefelsäure oder Kalilauge den Rückstand nochmals mit Wasser auszukochen. Es werden dieselben Werte erhalten, wenn man den Rückstand 2mal mit reichlichen Mengen kalten Wassers übergiesst und nach einigem Stehenlassen (15—30 Minuten) abgiesst. Dagegen erhält man fast immer zu niedrige Werte, wenn man die Flüssigkeit nach dem Kochen durch einen mit feinmaschiger Gaze überspannten umgekehrten Trichter absaugt. Die hierdurch erzielbare erwünschte Beschleunigung des Verfahrens ist nur auf Kosten der Richtigkeit möglich, so dass man diese Arbeitsweise wohl am besten ganz aufgibt, zumal nur eine Zeit-, aber keine Arbeitersparnis dadurch erzielt wird.

Ferner empfehlen wir anstelle von Alkohol und Äther für das Ausziehen der fertig gekochten und mit Wasser ausgewaschenen Rohfaser Azeton zu verwenden. Man hat dabei folgende Vorteile: 1. Das Azeton ist viel leichter wiederzu-

gewinnen und zu reinigen als Alkohol und Äther, besonders wenn sie miteinander vermischt sind. 2. Es wirkt stärker wasser-entziehend als Alkohol. 3. Es filtriert merklich schneller. 4. Es verdampft sehr viel rascher als der auch bei nachhaltigem Auswaschen mit Äther schwer zu verdrängende Alkohol. Demgegenüber sind uns irgend welche Nachteile bis jetzt nicht entgegengetreten. Bei zahlreichen Parallelbestimmungen wurde nicht beobachtet, dass die Werte irgendwie nach oben oder nach unten beeinflusst wurden.

Wir empfehlen daher für die Bestimmung der Rohfaser und nach der oben beschriebenen Behandlung mit Cu-Ammoniak auch für die Bestimmung der un- oder schwerlöslichen Rohfaser in folgender Weise zu verfahren:

Durchfeuchten von 3 g Futtermittel (oder des Rückstandes von der Cu-Ammoniakbehandlung) in einem Becherglas oder sonst geeigneten Kochgefäß, das etwa 800 ccm Inhalt besitzt und bei 200 ccm eine Marke trägt, mit 50 ccm 5 %iger H_2SO_4 (50 g konz. H_2SO_4 mit Wasser auf 1 l verdünnt), auffüllen zur Marke, $\frac{1}{2}$ Stunde kochen unter Bedecken mit Uhrglas¹⁾ und Ersatz des verdampfenden Wassers, mit kaltem Wasser auffüllen, 15—30 Minuten stehen lassen, vorsichtig in einen reichlich 2 l fassenden Stutzen abgießen, anfüllen des Becherglases mit kaltem Wasser, nach 15—30 Minuten abgießen, diese Behandlung wiederholen, bis der Stutzen gefüllt ist, nach dem Stehen über Nacht abhebern bis auf einen möglichst kleinen Rest, überspülen in das Kochgefäß, 50 ccm 5 %ige Kalilauge (50 g festes KOH zu 1 l lösen) zusetzen, auf 200 ccm auffüllen, $\frac{1}{2}$ Stunde kochen und in derselben Weise, wie bei der Behandlung mit H_2SO_4 angegeben, verfahren. Bei Futtermitteln, die beim Kochen mit KOH starkes Stossen verursachen, empfiehlt es sich, das Kochen über einem Pilzbrenner vorzunehmen, dessen mittlere Lochungen durch einen Tiegeldeckel bedeckt gehalten werden, 2—3 Bimssteinstückchen zuzugeben, die später mit Pinzette herausgenommen und abgespült werden, sowie einen mit einem Kautschukschlauch überzogenen Glasstab, mit dem man von Zeit zu Zeit umrührt, in das Kochgefäß zu legen.

¹⁾ Das bei manchen Futtermitteln hierbei auftretende Schäumen ist durch kurzes Abheben des Uhrglases leicht zu beseitigen

Nach dem Abhebern der verdünnten Lauge überspülen des im Stutzen befindlichen Restes ins Kochgefäss, abfiltrieren des Rückstandes in einen nach 2stündigem Trocknen bei 105° warm gewogenen Papierfilter (11 cm Durchmesser), auswaschen mit heissem Wasser, entfernen des Wassers mit Azeton, bis das Azeton völlig farblos abläuft, verdampfen des Azetons auf dem warmen Trockenschrank und nach 3stündigem Trocknen des Rückstandes bei 105—110° warm im verschlossenen Wägegläschen wiegen.

Eine Kontrolle des Gewichtes nach erneutem 2stündigem Trocknen ist nicht zu umgehen. Von dem Gewicht der Rohfaser ist das der Asche und bei besonders genauen Bestimmungen das nicht in Lösung gegangene Rohprotein abzuziehen.

Das geschilderte Verfahren liefert, wenn sorgfältig gearbeitet wird, auch bei sehr rohfaserreichen Futtermitteln vorzüglich übereinstimmende Werte, die äusserst selten um mehr als $\frac{1}{2}\%$ voneinander abweichen. Grössere Abweichungen sind dann in erster Linie darauf zurückzuführen, dass bei sperrigen und zugleich feinpulvrige Teile enthaltenden Futtermitteln sehr schwer ein gleichmässiges Durchschnittsmuster von 3 g zu erhalten ist.

Bei der Bestimmung der schwerlöslichen Rohfaser ist noch zu beachten, dass einige Futtermittel, wie besonders Stroh, Heu und Spelzen nach dem Kochen mit Lauge schwach gefärbt erscheinen, weil sie hartnäckig Spuren von Kupfer festhalten. Um diesen kleinen Fehler zu beseitigen, säuert man den zum Schluss verbleibenden Rückstand mit verd. HCl an und macht schwach ammoniakalisch. Der Rückstand enthält dann kein Kupfer mehr.

In der folgenden Übersicht sind neben der Gesamtrohfaser die bisher nach dem oben geschilderten Verfahren enthaltenen Werte (bezogen auf lufttrockene Substanz) angegeben. In der letzten Spalte sind, soweit das möglich war, die für die Futtermittel beim Tierversuch gefundenen Verdauungskoeffizienten der Rohfaser aufgeführt.

(Siehe die Tabelle auf S. 285.)

Zu diesen Zahlen ist folgendes zu bemerken:

Die für die gelöste Rohfaser gefundenen Werte liegen bei Stroh und aufgeschlossenem Stroh z. T. nicht unerheblich über den beim Tierversuch gefundenen. Die Löslichkeit der Rohfaser der geprüften Strohsorten übertrifft sogar die bei Heu dafür beobachteten Werte. Wir glauben aber nicht, dass

Bezeichnung des Futtermittels	Rohfaser %	Ungelöste Rohfaser %	Gelöste Rohfaser		Verdauungs- koeffizienten der Rohfaser
			%	v. H. d. urspr. Rohfaser	
A. Stroh.					
1. Roggenstroh, Göttingen .	41.9	12.2	29.7	70.9	51.4 nach LEHMANN
2. Gerstenstroh, Augustenberg	40.2	12.7	27.5	68.4	—
B. Aufgeschlossenes Stroh.					
1. A-Stroh 20 %, Göttingen .	55.1	3.3	51.8	94.0	87.4 nach LEHMANN
2. E-Stroh 10 " " .	52.4	3.2	49.2	93.8	85.8 " "
3. " 6 " " .	47.9	4.0	43.9	91.6	78.5 " "
4. " Nr. 4 " " .	46.7	3.0	43.7	93.6	69.2 " "
5. " 6 " " .	36.0	0.8	35.2	97.8	72.9 " "
6. Stroh nach OEXMANN, Mückern	51.3	0.23	51.07	99.6	—
7. " " COLSMANN, Berlin	59.9	6.03	53.87	89.9	—
8. Strohstoff aus Coswig, Hohen- heim	65.2	0.35	64.85	99.5	—
C. Heu.					
1. Heu, Göttingen	24.6	9.1	15.5	63.0	63.0 nach LEHMANN
2. Moorbiesenheu, Rostock .	19.24	6.75	12.49	64.9	64.8 " HONCAMP
3. Heu von Phleum prat. . .	22.9	7.6	15.3	66.8	61.8 " "
4. " " Lolium perenne .	25.4	8.6	16.8	66.1	71.9 " "
5. " " Dact. glomata .	27.4	8.9	18.5	67.5	72.6 " "
6. " " Lolium italic. .	25.2	8.7	16.5	65.5	71.1 " "
7. " " Poa trivialis . .	19.3	7.2	12.1	62.7	65.7 " "
D. Spelzen.					
1. Reisspelzen, Augustenberg	39.1	30.47	8.63	22.1	(1 nach LEHMANN)
2. Haferspelzen, " "	25.15	20.55	4.60	18.3	(32.7 " HONCAMP)
3. " Harleshausen .	31.07	25.05	6.02	19.4	(32.7 " ")
E. Verschiedenes.					
1. Steinnussmehl (aus ganzen Nüssen)	13.6	1.28	12.32	90.5	
2. Sägespäne (Fichtenholz) .	60.5	39.8	20.7	34.2	
3. Holzmehl (von Nadelholz) .	59.6	37.0	22.6	37.9	
4. Moostorf	28.8	20.8	8.0	27.8	

hierdurch der Wert des Verfahrens beeinträchtigt wird. Die Zellwandungen des Strohs scheinen eben für Cu-Ammoniak leichter angreifbar zu sein. Man wird das Ergebnis weiterer Untersuchungen abzuwarten haben, ehe hierüber ein endgültiges Urteil zu fällen ist. Übrigens hat man es leicht in der Hand,

entweder durch Verwendung eines Cu-Ammoniaks von niedriger Konzentration eine bessere Übereinstimmung mit dem durch Tierversuch ermittelten Verdauungskoeffizienten zu erzielen, oder durch Ermittlung des Verhältnisses zwischen der löslichen Rohfaser und der verdaulichen Rohfaser (deren Höhe ja auch von der Tierart abhängig ist) aus der gelösten Rohfaser die Verdaulichkeit zu berechnen. Ebenso wird es Sache weiterer Untersuchungen sein müssen, festzustellen, ob der Aufschliessungsgrad, der bisher nur mit Hilfe des Tierversuchs zu erkennen war, ebenfalls mit der Löslichkeit der Rohfaser in Cu-Ammoniak parallel geht. Hierfür spricht, dass gerade die weit aufgeschlossenen, zugleich leicht verdaulichen Stroharten, wie das OEXMANNSche Stroh und der Strohstoff von Coswig nur einen ganz geringen Rückstand hinterlassen.

Bei den bisher geprüften Heuarten dagegen ist die Übereinstimmung geradezu überraschend. Die geringen Abweichungen haben keine Bedeutung und würden, wenn man voraussetzt, dass die Löslichkeit der Rohfaser in 1%igem Cu-Ammoniak tatsächlich der im tierischen Organismus (Wiederkäuer) gelösten Rohfaser entspricht, sich ohne weiteres aus den erheblichen Fehlerquellen erklären, die bei der Ermittlung der beiden Werte vorhanden sind. Es ist auch zu berücksichtigen, dass bei den analytisch ermittelten Zahlen Abweichungen von $\frac{1}{2}\%$ nach oben oder unten — eine Grösse, die noch innerhalb der Fehlerquellen liegt — im ungünstigsten Fall¹⁾ den Anteil der gelösten Rohfaser vom Hundert der Gesamtrohfaser um mehrere Einheiten verschieben können. Bei der Bestimmung der verdaulichen Rohfaser durch den Tierversuch dürften aber die als zulässig zu betrachtenden Schwankungen der Verdauungskoeffizienten noch wesentlich grösser sein. Wir glauben daher annehmen zu können, dass man sich bei einer Methode, die, wie die Bestimmung des verdaulichen Proteins mit Pepsinsalzsäure, Anhaltspunkte für die Beurteilung des Futterwertes eines Bestandteils liefern soll, auch mit einer erheblich weniger weitgehenden Übereinstimmung begnügen kann.

Naturgemäss wird man noch zahlreiche andere Futtermittel auf das Verhalten ihrer Rohfaser gegen Cu-Ammoniak

¹⁾ d. h. wenn für die Gesamtrohfaser $\frac{1}{2}\%$ mehr, für die lösliche Rohfaser $\frac{1}{2}\%$ weniger gefunden wird oder umgekehrt.

zu prüfen haben, ehe man den Wert der Methode in dieser Richtung endgültig zu beurteilen vermag.

Bemerkenswert ist, dass die bisher untersuchten Spelzen, Reis- und Haferspelzen, nur wenig von Cu-Ammoniak angegriffen werden. Der Wert für die ungelöste Rohfaser ist sehr hoch und der Anteil der gelösten an der Gesamtrohfaser beträgt nur rund 20%. Er ist bei Haferspelzen noch niedriger als die Verdaulichkeit der Rohfaser, wie sie in den KELLNERSchen Tabellen aufgeführt ist (18.4 bzw. 19.4 % gegen 33 %).

Diese stützt sich auf einen Versuch von HONCAMP,¹⁾ bei dem an einen Hammel neben 400 g Wiesenheu 500 g Haferspelzen verfüttert wurden, die ungefähr noch 6% ganze oder geschälte Haferkörner, sowie vereinzelt Centaurea-Samen enthielten. Es sind daher keine ganz reinen Haferspelzen verwendet worden, während es sich bei den hier untersuchten Proben in einem Fall um sorgfältig ausgelesene Haferspelzen, im andern um die reinen äusseren Deckspelzen des Hafers handelte, in der nur Spuren fremder Bestandteile enthalten waren. Wir halten es demnach für wahrscheinlich, dass der Abstand zwischen dem analytischen Wert und dem Verdauungskoeffizient sich bei Verwendung des gleichen Materials verringern wird.

Bei den Reisspelzen ist der Unterschied scheinbar noch grösser. Die Verhältnisse liegen indessen bei näherer Betrachtung für unsere Methode bedeutend günstiger, als es nach den mitgeteilten Zahlen aussieht. Bei dem von LEHMANN, Göttingen, angestellten Ausnützungsversuch,²⁾ dem einzigen, der soweit mir bekannt mit reinen Reisspelzen durchgeführt wurde, erhielten 4 Hammel neben einem aus 600 g Heu und 200 g Baumwollsaatmehl bestehenden Grundfutter 200 g Reisspelzen. Das eine dieser Tiere zeigte für die Rohfaser eine Minusverdauung von 11 g, da von der im ganzen verabreichten Rohfasermenge (235.0 g) im Kot bei diesem Tier 161.9 g wiedergefunden wurden, die Differenz also 73.1 g betrug, während im Grundfutter an verdaulicher Rohfaser 84.1 g enthalten waren. Bei den anderen 3 Tieren dagegen sind von der Rohfaser der Reisspelzen (nach Abzug der verdaulichen Rohfaser des Grundfutters) 5.2 g, 4.2 g

¹⁾ Landw. Versuchs-Stationen 1906, Bd. 64, S. 456—459.

²⁾ Landw. Jahrbücher 1898, Bd. 27, Ergänzungsband II, S. 326—329.

und 3.4 g, im Mittel 4.3 g von 79.6 g verdaut worden. Das entspricht einer Verdaulichkeit von 5.4%. Nun ist aber noch zu berücksichtigen, dass die Tiere an sich ein recht rohfasereiches Grundfutter erhielten (155.4 g Rohfaser auf 672.5 g Trockensubstanz oder 23.1 v. H.), so dass eine Zulage von 80 g Rohfaser, wodurch bei der verfütterten Trockensubstanz der Anteil an Rohfaser auf 27.7% stieg, sehr wohl die Verdaulichkeit der Grundfutterrohfasern herabgedrückt haben kann, zumal die glasharten und scharfkantigen Reisspelzen zu Darmreizungen und daher zu beschleunigter Darmentleerung Anlass geben können. Wir halten es daher sehr wohl für möglich, dass bei Verabreichung von anderem Grundfutter und vielleicht auch von geringen Mengen von Reisspelzen der Verdauungskoeffizient der Spelzenrohfasern sich dem analytisch ermittelten Wert der gelösten Rohfaser nähern wird.

Wie dem aber auch sei, das von uns eingeschlagene Verfahren zeigt in jedem Falle deutlich, dass bei den als schwerverdaulich bekannten Spelzen verhältnismässig geringe Mengen gelöst werden. Es ist daher auch anzunehmen, dass man bei Futtermitteln, die mit Spelzen verfälscht sind, den Gehalt an löslicher bezw. unlöslicher Rohfaser als Kriterium für die Höhe des Spelzenzusatzes mit grösserer Aussicht auf Erfolg wird heranziehen können als den Gehalt an Gesamtrohfaser.

Einso halten wir es sehr wohl für zulässig, bei Futtermitteln, bei denen ein Ausnützungsversuch noch nicht ausgeführt worden ist oder die durch irgendwelche Einflüsse eine von der normalen abweichende Beschaffenheit erlangt haben, aus der Bestimmung der löslichen Rohfaser zu entnehmen, ob es sich um ein leicht oder schwer verdauliches Futtermittel handelt bezw. ob die Einflüsse günstiger oder ungünstiger Art sind.

Das nach Versuchen von MORGEN hochverdauliche Steinnussmehl hat nur einen fast ausschliesslich aus der Epidermis der Nüsse bestehenden Rückstand von rund 10 v. H. der Rohfaser hinterlassen. Ferner hat sich z. B. ergeben, dass die von einer Comfrey-pflanzung im Sommer 1914 entnommenen 3 Schnitte vom 28. April, 16. Juni und 21. Juli eine um so geringere Löslichkeit der Rohfaser aufwiesen, je später im Jahr der Schnitt vorgenommen wurde. Die folgende Zusammenstellung gibt hierüber Auskunft:

	Rohfaser %	Ungelöste Rohfaser %	Gelöste Rohfaser	
			%	v. H. der Rohfaser
1. Schnitt	9.4	3.2	6.2	65.9
2. "	14.3	5.2	9.1	63.6
3. "	12.6	5.3	7.3	57.9

Schliesslich ist noch zu erwähnen, dass je eine Probe Sägemehl und Holzmehl, sowie eine Probe Moostorf eine ziemlich hohe Löslichkeit ihrer Rohfaser in Cu-Ammoniak aufwiesen (vergl. die Tabelle auf S. 285).

Auch hier sind weitere Untersuchungen nötig, um Klarheit über die vorliegenden Verhältnisse zu gewinnen. Es mag jedoch bereits hier darauf hingewiesen werden, dass HABERLANDT und ZUNTZ¹⁾ bei Verfütterung von Holzschliff (Birken) an Wiederkäuer für die 32.3 % betragende Rohfaser einen Verdauungskoeffizienten von 50.06 % beobachteten, während RUBNER²⁾ bei an Hunde verabreichtem Birkenholzschliff eine Resorption von 39.22 % der Zellulose³⁾ ermittelte und ELLENBERGER und WAENTIG⁴⁾ bei einem Fütterungsversuch an Pferden für die Rohfaser eines Fichtenholzmehles einen Verdauungskoeffizienten von 23.1 und 23.3 feststellten.

Nach alledem halten wir uns für berechtigt, die beiden beschriebenen Methoden als hinreichend wertvoll anzusehen, um sie den Fachgenossen zur weiteren Prüfung zu übergeben. Wir werden selbstverständlich bemüht sein, sie zu vervollkommen und die Grundlagen zu festigen, auf denen sie ruht.

Augustenberg, im Juni 1917.

¹⁾ Chem.-Zeitung 1915, Bd. 39, S. 861.

²⁾ Ebenda.

³⁾ Nach welchem Verfahren diese Zellulose bestimmt wurde, ist nicht angegeben.

⁴⁾ Deutsche Landw. Presse 1917, Bd. 44, S. 335 und 343.

Über den Einfluss des Standraumes bezw. verschiedener Bodenarten auf die Wurzelmasse der Pflanzen.

Von

TH. PFEIFFER und W. SIMMERMACHER.

Der Anlass zu vorliegenden Untersuchungen ergab sich in erster Reihe dadurch, dass wir bei Versuchen des Vorjahres über die Stickstoff- und Phosphorsäureausnutzung durch den Hafer¹⁾ auf ein von anderweitigen Beobachtungen stark abweichendes Verhältnis zwischen der Wurzelmasse und der oberirdischen Substanz stiessen. Zwei sich bietende Erklärungen, das benutzte Bodenmaterial — reiner Glassand — sowie die gewählten Standraumverhältnisse der Pflanzen, wurden in den Kreis der Erörterungen gezogen, mussten aber sofort als ziemlich unwahrscheinlich zurückgewiesen werden. Wir haben es trotzdem für richtig gehalten, die angedeuteten zwei Fragen einer experimentellen Prüfung zu unterwerfen, um Klarheit hinsichtlich des aufgetauchten Bedenkens, die Wurzelausbildung der Pflanzen könne bei der Sandkultur in besonderer Weise beeinflusst werden, zu schaffen.

Eine auf einem ganz anderen Gebiete liegende Frage, bei der es sich indessen auch um die Standraumverhältnisse der Pflanzen handelt, schloss sich an. Wir wissen namentlich aus den noch mehrfach zu erwähnenden Versuchen HELLRIEGELS, dass die Zahl der Pflanzen in Gefässen gleicher Grösse und unter sonst gleichen Bedingungen innerhalb ziemlich weiter Grenzen schwanken kann, ohne eine Änderung des Ertrages an ober-

¹⁾ Landw. Versuchs-Stationen Bd. 88, 1916, S. 460.

irdischer Trockensubstanz zu verursachen. Wie sich die Wurzelmasse der Rüben in dieser Beziehung verhält, ist aber, soviel wir wissen, noch niemals festgestellt worden. Endlich greift auch die vielfach erörterte Frage, ob bzw. in welcher Weise etwaige Fehlstellen bei Rübenversuchen im freien Felde eine rechnerische Korrektur erforderlich machen, in das behandelte Gebiet über. Die von uns in den besprochenen verschiedenen Richtungen gewonnenen Ergebnisse sollen hier unter der gemeinsamen Überschrift zur Darstellung gelangen.

I. Gefäßversuche mit Hafer und Senf.

Für eine erste Versuchsreihe dienten 32, innen mit einem Paraffinanstrich versehene Tongefässe, die mit je 15 kg Glassand beschickt und mit folgender Grunddüngung versehen wurden:

4.0 g NH_4NO_3 ,	2.0 g $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$,
8.3 " K_2SO_4 ,	0.5 " NaCl ,
6.5 " CaHPO_4 ,	0.1 " FeSO_4 (oxydiert),
3.0 " CaCO_3 ,	100 ccm Bodenaufguss.

Hierzu traten im Laufe der Vegetation noch 4 Gaben $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ und 1 Gabe NH_4NO_3 , die beim Hafer am 11., 20. und 27. Mai, und 10. Juni, beim Senf am 11., 20., 26. u. 31. Mai und 6. Juni in Form einer Kopfdüngung zur Anwendung gelangten; die gesamte Stickstoffmenge betrug pro Gefäß 4 g.

Der Wassergehalt des Sandes wurde derart geregelt, dass er einige Zeit nach Beginn der Versuche $12\frac{1}{2}\%$ betrug und mit fortschreitender Vegetation allmählich auf 2200 g ($14\frac{2}{3}\%$) stieg. Der Wasserersatz erfolgte in bekannter Weise durch tägliches Wiegen der Gefässe, sowie in der Zeit kräftigster Pflanzenentwicklung ausserdem zwischendurch durch Giessen mit schätzungsweise ermittelten Wassermengen.

Die Zahl der Pflanzen pro Gefäß ergibt sich aus nachstehender Übersicht, wobei bemerkt sei, dass die Zahl beim Senf in einzelnen Fällen infolge seiner ungleichmässigen Entwicklung, vom ursprünglichen Plane abweichend, etwas vermindert werden musste; dies hat jedoch, wie wir sehen werden, auf das Ergebnis keinerlei Einfluss ausgeübt:

Hafer:		Senf:		
Nummer der Gefässe	Zahl der Pflanzen	Nummer der Gefässe	Zahl der Pflanzen	Mittel
1—4	4	17—20	4	4
5—8	8	21, 23, 24	7	fast 7
		22	6	
		26	9	10
9—12	12	27	10	
		25, 28	11	
13—16	24	30, 31, 32	21	22
		29	24	

Die Spannung hinsichtlich der Pflanzenzahl ist also auch beim Senf eine genügend grosse.

Die Aussaat von je 2 Körnern in jedes der mit besonders angefertigten Schablonen völlig gleichmässig auf die Gefässoberfläche verteilten Pflanzlöcher geschah am 5. April. Das Aufgehen erfolgte sehr gleichmässig am 13. bzw. 10. April.

Der Hafer wurde am 28. April auf die angegebene Pflanzenzahl vereinzelt. Eine starke Bestockung trat schon frühzeitig namentlich bei den Gefässen mit nur 4 bzw. 8 Pflanzen ein. Das Höhenwachstum blieb bei diesen, ebenso wie bei den Gefässen 9/12 deutlich hinter demjenigen auf den Gefässen 13/16 mit grösster Pflanzenzahl zurück, wogegen die in der Halmstärke zum Ausdruck gelangende kräftige Entwicklung in umgekehrter Reihenfolge zur Entfaltung gelangte. Allmählich fand jedoch ein, wenn auch nicht ganz vollständiger Ausgleich der Pflanzenhöhe statt; der Einfluss einer schwächeren bzw. stärkeren Selbstbeschattung machte sich somit bei den Gefässen mit einer geringeren bzw. höheren Pflanzenzahl anfangs geltend.¹⁾ Am 24. Juni traten bei Nr. 13/16, einige Tage später bei den übrigen Gefässen die Rispen hervor. Die Ernte wurde überall gleichmässig bei beginnender Milchreife am 5.—8. Juli vorgenommen.

Der Senf entwickelte sich, wie bereits erwähnt, unregelmässiger; ein gewisser Ausgleich konnte allerdings durch das am 19. April vorgenommene Vereinzeln erreicht werden. Auch hier war auf den Gefässen mit der grössten Pflanzenzahl zu-

¹⁾ Vergl. hierzu auch E. WOLLNY, Journal f. Landwirtschaft Bd. 29, 1881, S. 48.

nächst ein grösseres Längenwachstum zu beobachten, doch war in dieser Beziehung am 7. Juni kein Unterschied mehr erkennbar. Die Wirkung der besseren Standraumverhältnisse machte sich beim Senf durch stärkere Stengel, grössere Blätter und zahlreichere Seitenäste — diese jedoch mit deutlich ausgeprägten individuellen Unterschieden — bemerkbar. Die Blüte begann bei kräftiger Entwicklung der Pflanzen am 24. Mai, war am 17. Juni beendet, und da die untersten Blätter gelb zu werden begannen, wurde die Ernte am 21. Juni vorgenommen.

Zur Gewinnung eines möglichst richtigen Bildes von dem zwischen der oberirdischen und der Wurzelsubstanz bestehenden Verhältnis haben wir in diesem Jahre die sandfreie Trockensubstanz der Wurzeln bestimmt und hierfür den folgenden Weg eingeschlagen.

Der gesamte Topfinhalt wurde nach der Ernte der oberirdischen Substanz, die unmittelbar über der Sandoberfläche abgeschnitten war, auf ein in Wasser eintauchendes engmaschiges Sieb gebracht und der Sand möglichst vollständig mit Wasser durchgespült. Die sorgfältig gesammelte Wurzelmasse wurde dann wiederholt unter gründlichem Durcharbeiten auf einem kleineren Siebe mit Wasser ausgewaschen und getrocknet. Hierauf wurden die Wurzeln mit der Schere zerkleinert und ohne Verlust mechanisch von dem abfallenden Sande getrennt. Nach nochmaligem, vollständigem Trocknen wurden sie gewogen und gemahlen. Das Mahlprodukt diente zur analytischen Bestimmung des noch vorhandenen Sandes, der vom ursprünglichen Wurzelgewichte in Abzug zu bringen war. Je 5 g Trockensubstanz wurden derartig verascht, dass möglichst keine kohligen Bestandteile mehr vorhanden waren. Die angefeuchtete Asche wurde mit einem Uhrglas bedeckt und mit 2 ccm Salzsäure versetzt. Hierauf wurde der Schaleninhalt in ein 400 ccm-Becherglas gebracht und der Sand von der aus der Wurzelmasse stammenden Kieselsäure durch wiederholtes Dekantieren getrennt, getrocknet, gegläht und gewogen.

Bei den später zu besprechenden Versuchen mit Lehm Boden wurden die besonders gründlich gereinigten Wurzeln in der angegebenen Weise verascht und weiter behandelt, jedoch mit folgendem Unterschiede. Die nach $\frac{1}{4}$ stündigem Absetzenlassen erstmalig möglichst vollständig und vorsichtig durch Dekantieren gewonnene Flüssigkeit wurde mit weiteren 5 ccm Salzsäure (20 %))

und dann mit einer Natriumhydroxyd enthaltenden Sodalösung aufgekocht, filtriert und der Filtrerrückstand nach dem Auswaschen, Trocknen und Glühen als Erdbestandteil mit zur Wägung gebracht.

Die Ergebnisse dieser Reihe finden sich in Tabelle 1 verzeichnet, wozu bemerkt sei, dass wir die für die einzelnen Gefässe gültigen Zahlen mitteilen, um eine Prüfung des Einflusses der erwähnten unregelmässigen Entwicklung des Senfes zu ermöglichen.

Tabelle 1.

Nummer der Gefässe	Hafer: Trockensubstanz			Nummer der Gefässe	Senf: Trockensubstanz		
	Oberird. Substanz	Wurzeln	Summa		Oberird. Substanz	Wurzeln	Summa
	g	g	g		g	g	g
1	162.9	17.6	180.5	17	117.6	19.1	136.7
2	160.2	20.5	180.7	18	109.2	16.2	125.4
3	170.4	23.6	194.5	19	122.5	16.8	139.3
4	179.3	21.7	201.0	20	123.2	19.1	142.3
Mittel:	168.2 ± 3.25	20.9 ± 0.88	189.1 ± 4.12	Mittel:	118.1 ± 2.31	17.8 ± 0.63	135.9 ± 2.57
5	186.9	21.5	208.4	21	124.6	21.9	146.5
6	172.1	20.3	192.4	22	124.5	20.7	145.2
7	164.9	21.0	185.9	23	129.4	18.2	147.6
8	179.5	22.0	201.5	24	123.8	18.2	142.0
Mittel:	175.9 ± 3.59	21.2 ± 0.27	197.1 ± 3.86	Mittel:	125.6 ± 1.06	19.7 ± 0.76	145.3 ± 0.84
9	164.3	18.5	182.8	25	119.4	18.3	137.7
10	182.0	21.3	203.3	26	118.5	16.8	135.3
11	170.4	19.1	189.5	27	119.1	16.8	135.9
12	163.0	18.3	181.3	28	121.3	18.3	139.6
Mittel:	169.9 ± 3.06	19.3 ± 0.49	189.2 ± 3.50	Mittel:	119.6 ± 0.43	17.5 ± 0.37	137.1 ± 0.74
13	186.2	22.4	208.6	29	124.1	20.3	144.4
14	177.4	21.0	198.4	30	123.9	15.5	139.4
15	176.4	23.8	200.2	31	124.9	17.0	141.9
16	163.5	21.2	184.7	32	122.9	16.4	139.3
Mittel:	175.9 ± 3.01	22.1 ± 0.49	198.0 ± 3.23	Mittel:	124.0 ± 0.27	17.3 ± 0.73	141.3 ± 0.93

Die nähere Besprechung der gewonnenen Ergebnisse soll mit derjenigen der zweiten sich zeitlich unmittelbar anschliessenden Versuchsreihe vereinigt werden, die sich auf die Frage des Einflusses der Bodenbeschaffenheit auf das Wurzelverhältnis bezieht.

Die Jahreszeit war zu weit vorgeschritten, um noch beim Hafer auf eine normale Entwicklung rechnen zu können. Wir haben uns deshalb auf den Anbau des Senfes beschränkt und konnten dies auch getrost, weil Hafer und Senf keine Unterschiede ergeben hatten. Als Vergleichsboden im möglichsten Gegensatz zum Glassand diente der schwere Lehm Boden des Rosenthaler Versuchsfeldes, von dem 13.5 kg (13.03 kg Trockensubstanz) zum Füllen eines Gefässes erforderlich waren. Es genügten je 4 Gefässe, deren Grunddüngung betrug:

4.0 g NH_4NO_3 ,	2.0 g $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$,
5.0 „ K_2SO_4 ,	0.5 „ NaCl ,
4.0 „ CaHPO_4 ,	0.1 „ FeCl_3 .
15.0 „ CaCO_3 ,	

Um eine, allerdings nicht unbedingt erforderliche, möglichst gleichartige Entwicklung der Pflanzen auf den beiden Bodenmaterialien zu erreichen, wurde einerseits der Wassergehalt unter Berücksichtigung ihrer verschiedenen Hygroskopizität, beim Glassand auf 14 %, beim Lehm Boden auf 22 % bemessen, andererseits eine Kopfdüngung in Form einer Lösung von 1.48 g NH_4NO_3 und 0.6 g K_2HPO_4 je nach dem Stande der Pflanzen etwas verschieden zur Anwendung gebracht, nämlich:

1. Gabe, 12. Juli,	Glassand und Lehm Boden,
2. „ 18. „	nur Glassand,
3. „ 25. „	Glassand und Lehm Boden,
4. „ 2. August,	„ „ „
5. „ 9. „	nur Glassand.

Der Zweck dieser Massnahmen wurde, wie wir gleich sehen werden, so gut wie vollständig erreicht.

Die Aussaat von 12×2 Senfkörnern erfolgte am 24. Juni, das Auflaufen 3 Tage später. Der Stand der Pflanzen war auf dem Lehm Boden anfangs sehr viel regelmässiger als auf dem Sande, doch konnte auch hierin durch Verziehen der Pflanzen auf je 6 pro Gefäss (11. Juli) ein Ausgleich geschaffen werden. Die Blüte begann am 22. Juli, und die Ernte fand am

22. August statt, als der Senf auf den Gefässen mit Lehm Boden vollständig abgeblüht hatte.

Tabelle 2.

Nummer der Gefässe	Glassand: Trockensubstanz			Nummer der Gefässe	Lehm Boden: Trockensubstanz		
	Oberird. Substanz	Wurzeln	Summa		Oberird. Substanz	Wurzeln	Summa
	g	g	g		g	g	g
1	71.5	6.8	78.3	5	83.0	8.8	91.8
2	74.5	8.8	83.3	6	83.2	7.9	91.1
3	80.7	7.0	87.7	7	70.5	4.4	74.9
4	80.0	9.0	89.0	8	78.4	5.6	84.0
Mittel:	76.7 ± 1.79	7.9 ± 0.49	84.6 ± 1.84	Mittel:	78.8 ± 2.14	6.7 ± 0.82	85.5 ± 2.93

Die Angaben der Tabelle 1 beweisen zunächst, was mehr beiläufig erwähnt sei, dass die Produktion der oberirdischen Substanz durch die verschiedenen Standraumverhältnisse der Pflanzen innerhalb der von uns gewählten Grenzen unbeeinflusst bleibt. Abweichungen der Mittelzahlen kommen natürlich vor, sind aber erstens, namentlich beim Senf, recht unbedeutend, bewegen sich zweitens unregelmässig hin und her, indem mit zunehmender Pflanzenzahl auf ein Steigen, ein Sinken und dann wieder ein Steigen des Ertrages folgt, und finden endlich mit einer Ausnahme ihre Erklärung in den berechneten wahrscheinlichen Schwankungen. Diese Ausnahme bezieht sich auf den Vergleich der Senfkulturen in den Gefässen 25/28 und 29/32, der zu einer Differenz von 4.4 ± 0.51 g führt; die grössere Pflanzenzahl hat also anscheinend eine etwas grössere Produktion an oberirdischer Substanz ermöglicht, worauf aber gewiss kein besonderes Gewicht gelegt werden darf, da schon bei Hinzuzählung der Wurzeln die Differenz mit 4.2 ± 1.19 g wieder in die Grenze der 3.5fachen wahrscheinlichen Schwankung fällt. Beim Hafer beträgt die grösste Abweichung im ungünstigsten Falle (1/4 und 13/16) 7.7 ± 4.42 g und verdient also noch keine Beachtung.

So ist es denn auch erklärlich, dass die erwähnte Unregelmässigkeit in der Zahl der Pflanzen beim Senf nur als Schönheitsfehler bezeichnet zu werden verdient. Bei Nr. 29/32 hat z. B.

das mit 24 Pflanzen besetzte Gefäss fast genau den mittleren Ertrag der drei übrigen Gefässe mit nur 21 Pflanzen geliefert.

Aus den Versuchen HELLRIEGELS¹⁾ mit Gerste greifen wir diejenige Reihe (Gefässgrösse II mit 176 ccm Oberfläche) heraus, bei der je zwei Parallelgefässe Verwendung fanden, so dass die wahrscheinlichen Schwankungen der Ergebnisse berechnet werden können.

Tabelle 3.

Nummer der Gefässe	Zahl der Pflanzen pro Gefäss	Oberirdische Trockensubstanz		Nummer der Gefässe	Zahl der Pflanzen pro Gefäss	Oberirdische Trockensubstanz	
		pro	wahr- scheinl. Schwan- kung			pro	wahr- scheinl. Schwan- kung
		g	g			g	g
369 u. 379	1	16.35	± 0.62	374 u. 384	6	19.48	± 1.53
370 „ 380	2	18.96	± 0.49	375 „ 385	8	22.11	± 0.28
371 „ 381	3	17.99	± 1.25	376 „ 386	12	21.45	± 0.06
372 „ 382	4	20.20	± 0.14	377 „ 387	16	22.68	± 0.24
373 „ 383	5	21.75	± 0.85	378 „ 388	24	24.16	± 0.18
Mittel:	3	19.05	± 0.34	Mittel:	13.2	21.98	± 0.32

Eine geringe Steigerung der Produktion mit zunehmender Pflanzenzahl ist allerdings wahrnehmbar, und auch die in der Tabelle vorgenommene Mittelbildung aus den ersten und letzten 5 Versuchen ergibt eine solche in Höhe von 2.93 ± 0.47 g. Die Unterschiede sind aber immerhin unbedeutend, und man wird daher zum mindesten der von HELLRIEGEL gezogenen Schlussfolgerung zustimmen können, dass bei dieser Gefässgrösse 5 Pflanzen die gleiche Leistung wie 24 Pflanzen aufzuweisen hatten.

Ein sehr ähnliches Ergebnis hat WOLLNY²⁾ beim Anbau von Winterroggen in Gefässen mit einer Oberfläche von 400 ccm erhalten.

Zahl der Pflanzen	Ertrag
1	26.8 g
4	28.5 „
9	29.9 „
16	31.7 „
25	32.8 „

¹⁾ Grundlagen des Ackerbaus S. 227 u. 242.

²⁾ l. c. S. 27.

Berücksichtigt man den Mangel von Parallelversuchen und die unvermeidlichen Fehler, so wird auch auf diese Unterschiede kein entscheidendes Gewicht zu legen sein. Sehr auffallend ist dagegen das durchaus abweichende Verhalten der Erbsen und Pferdebohnen bei gleichartigen Versuchen, und dass WOLLNY diese, ebenso wie den angeführten Roggenversuch bei seinen weiteren Darlegungen völlig links liegen lässt.

Wieder etwas anders lauten die Ergebnisse, die C. v. SEELHORST¹⁾ zu verzeichnen gehabt hat. Die Anzahl der Haferpflanzen betrug 1, 5 und 8 pro Gefäss und die Erträge stellten sich hierbei in 2 aufeinander folgenden Jahren wie folgt:

	Zahl der Pflanzen		
	1	5	8
Erntegewicht eines Gefässes in Gramm. .	43.0	72.6	77.2
„ „ „ „ „ . .	66.4	80.8	86.6

Von der Einzahl zur Mehrzahl der Pflanzen ergibt sich in beiden Jahren ein bedeutender Sprung im Ertrage, während zwischen 5 und 8 Pflanzen die Unterschiede recht gering sind; eine leise Andeutung für eine Erntesteigerung mit zunehmender Pflanzenzahl ist immerhin auch hier zu verzeichnen. Denkt man sich die Standraumverhältnisse noch viel mehr erweitert, so dass etwa auf die Fläche von 10 qm 1, 2, 3, 4 usw. Pflanzen entfallen, so müssen die Erträge natürlich zunächst völlig proportional der Pflanzenzahl wachsen. Allmählich tritt aber ein Ausgleich ein, der dazu führt, dass schliesslich die Unterschiede nur noch sehr gering sind oder wenigstens in die durch die unvermeidlichen Versuchsfehler gezogenen Grenzen fallen. Unsere Versuchsergebnisse würden dann eben bereits einem Kurvenabschnitt angehören, für welchen das zuletzt Gesagte gilt. Wir haben geglaubt, diese Frage nicht ganz unerwähnt lassen zu dürfen, trotzdem sie, wie gesagt, für das eigentliche Thema vorliegender Arbeit nur eine nebensächliche Bedeutung beanspruchen kann.

Da die Menge der Wurzeln bei unseren Versuchen noch geringere Unterschiede aufweist, so müssen für die Gesamternte fast die gleichen Erscheinungen wie bei der oberirdischen Trockensubstanz sich zeigen, worauf nicht näher eingegangen zu werden braucht. Es sei nur betont, dass HELLRIEGEL auch

¹⁾ Journal f. Landwirtschaft Bd. 47, 1899, S. 382.

in dieser Beziehung mit seiner Schlussfolgerung, für die er jedoch keine zahlenmässigen Belege beibrachte, das Richtige getroffen hat.

Die für uns besonders in Betracht kommende Frage nach dem Verhältnis der Wurzeln zur oberirdischen Substanz entscheidet sich nach dem eben Gesagten selbstverständlich in der Richtung, dass die Zahl der Pflanzen auch in dieser Beziehung keinen greifbaren Unterschied ausübt. Die einzelnen Zahlen stellen sich wie folgt:

Tabelle 4.

Verhältnis der Wurzeln : oberird. Subst. =	Hafer: Zahl der Pflanzen				Senf: Zahl der Pflanzen			
	4	8	12	24	4	7	10	22
1 :	9.25	8.69	8.88	8.31	6.16	5.69	6.52	6.11
1 :	7.81	8.48	8.54	8.45	6.74	6.01	7.05	7.99
1 :	7.24	7.85	8.92	7.41	7.29	7.11	7.09	7.35
1 :	8.26	8.16	8.91	7.71	6.45	6.80	6.63	7.49
Mittel:	8.14 ± 0.30	8.30 ± 0.14	8.81 ± 0.06	7.97 ± 0.20	6.66 ± 0.17	6.40 ± 0.27	6.82 ± 0.10	7.23 ± 0.28

Die Abweichungen finden durchweg, wie man sofort sieht, eine genügende Erklärung in den wahrscheinlichen Schwankungen, und das Gleiche gilt schliesslich auch von den Ergebnissen der zweiten Versuchsreihe (Tabelle 2), für die nur noch fragliche Verhältniszahlen nachzutragen sind.

Tabelle 5.

Verhältnis der Wurzeln : oberird. Substanz =	Glassand	Lehmboden
1 :	10.52	9.43
1 :	8.47	10.53
1 :	11.53	16.02
1 :	8.88	14.00
Mittel:	9.85 ± 0.57	12.50 ± 1.23

Auffallend ist zunächst die günstigere Verhältniszahl für den Glassand in der zweiten Reihe; die Differenz (Gesamtdurchschnitt Senf I = $1 : 6.78 \pm 0.11$) beträgt 3.07 ± 0.58 und überschreitet daher die fünffache wahrscheinliche Schwankung. Die einzige Erklärung würde in der späteren Vegetationsperiode zu suchen sein, doch ist es nicht recht verständlich, warum die Entwicklung der oberirdischen Substanz, die absolut genommen ziemlich weit hinter derjenigen der ersten Reihe zurückgeblieben ist, im Verhältnis zur Wurzelbildung eine bessere gewesen sein soll. Die grösseren Schwankungen beim Lehm Boden dürften sich ungezwungen auf die besonderen Schwierigkeiten der Wurzelgewinnung bei diesem Bodenmaterial zurückführen lassen. Die beiden niedrigen Werte für die Wurzeln der Gefässe 7 und 8 (Tabelle 2) erscheinen daher etwas fragwürdig, und deshalb kann der zu Gunsten des Lehm Bodens sprechenden Differenz in Höhe von 2.65 ± 1.35 , die so wie so die doppelte wahrscheinliche Schwankung nicht ganz erreicht, eine ausschlaggebende Bedeutung unmöglich eingeräumt werden.

Weder die Zahl der Pflanzen noch Bodenverschiedenheiten können daher in Bestätigung unserer vorjährigen Ausführungen zur Erklärung der damals festgestellten erheblichen Unterschiede zwischen unseren und den von anderer Seite gewonnenen, das Wurzelverhältnis betreffenden Ergebnissen herangezogen werden, und nachstehende Übersicht liefert hierfür hinsichtlich der Bodenverschiedenheiten noch einige weitere Belege.

Wir wissen dagegen, dass andere Faktoren einen bemerkenswerten Einfluss in gedachter Richtung ausüben können, die wir nunmehr ebenfalls einer Prüfung, ob etwa in ihnen die gesuchte Erklärung gefunden werden kann, unterwerfen wollen. Zu diesem Zweck haben wir in Tabelle 6 eine Anzahl charakteristischer Beispiele, die zum Teil bereits im vorjährigen Bericht Verwendung gefunden haben, zusammengestellt.¹⁾

(Siehe die Tabelle 6 auf S. 302 und 303.)

Die von den Versuchsanstellern aus ihren Ergebnissen gezogenen Schlussfolgerungen lassen sich in 4 Sätzen zusammenfassen:

¹⁾ Die erwähnten Ergebnisse von Feldversuchen sind gar zu unsicher, um hier noch berücksichtigt werden zu können. Vergl. auch EBBERT, Mitteil. d. landw. Instituts Leipzig, Heft 10, 1911, S. 60.

Ta-

Laufende Nummer	Namen der Versuchs- ansteller	Bodenmaterial	Oberfläche der Gefäße ccm	Hafer-sorten	Wasser- gabe
1	TUCKER und v. SEELHORST ¹⁾	Erde	452	"	wenig
2		"	452	"	"
3		"	452	"	mittel
4		"	452	"	"
5		"	452	"	viel
6		"	452	"	"
7	LANGER, v. SEELHORST und TOLLENS ²⁾	Buntsandsteinb.	452	Göttinger Hafer	wenig
8		"	452	"	viel
9		"	452	"	wenig
10		"	452	"	viel
11	M. WAGNER ³⁾	Lehmboden	314	"	(reichlich)
12		"	314	"	"
13		"	314	"	"
14		"	314	"	"
15		Sandboden	314	"	"
16		"	314	"	"
17	BURMESTER ⁴⁾	"	314	"	"
18		Milder Lehm	490	"	(mittel)
19		"	314	"	"
20		Boden A	314	"	"
21		"	314	"	"
22		Boden B	314	"	"
23	SCHNEIDER ⁵⁾	"	314	"	"
24		Boden C	314	"	"
25		"	314	"	"
26		Sand	490	Svalöfs 4 Sorten, Durchschnitt Wide-Awake Schott. Hopetown	(mittel)
27	HELLRIEGEL ⁶⁾	"	490		"
28		"	490		"
29		"	490		"
30	PFEIFFER und SIMMERMACHER	Sand	177	Landhafer	(mittel)
31		"	177	"	"
32		"	177	"	"
33		Sand	380	Ligowo Original	viel
34		"	380	Svalöfs-Kronenhafer	"

¹⁾ Journal f. Landw. Bd. 46, 1898, S. 55. — ²⁾ Ebenda Bd. 49, 1901, S. 222 u. 225. u. 145. — ³⁾ Landw. Jahrb. Bd. 42, 1912, S. 779 ff. — ⁴⁾ Stickstoffnahrung der Gramineen nach Bemerkungen im Original. — Bei Nr. 18/25 handelt es sich hinsichtlich der Erträge Thomasmehl und 3 g 40%igem Kalisalz pro Gefäß bestanden und dürfte daher kaum Bestimmung der sandfreien Wurzelmassen stattgefunden; sonst finden sich hierüber faserig anhaftendem Sand unberücksichtigt geblieben sind.

belle 6.

Düngung	Vegetationsstadium bei der Ernte	Ertrag pro Gefäß			Ertrag oberirdi- sche Substanz pro 1 qm Oberfläche
		Oberirdische Substanz g	Wurzeln g	Verhältnis von Wurzeln: ob. Substanz =	
ohne	Reif	41.5	7.7	1: 5.4	918
KPN	"	68.5	10.1	1: 6.8	1515
ohne	"	47.2	5.3	1: 8.9	1042
KPN	"	93.4	7.1	1: 13.1	2066
ohne	"	68.5	7.3	1: 9.4	1515
KPN	"	119.5	7.6	1: 15.7	2639
P	Reif	42.3	6.9	1: 6.1	936
"	"	95.9	6.4	1: 15.0	2122
KNP	"	79.4	4.9	1: 16.2	1757
"	"	163.2	4.7	1: 34.7	3611
Volldüngung ohne P	3. September	7.6	6.5	1: 1.2	242
"	18. Oktober	30.3	16.0	1: 1.9	965
Volldüngung mit 2N	3. September	17.8	7.8	1: 2.3	567
"	18. Oktober	84.2	22.7	1: 3.7	2681
ohne	Reif	18.6	3.6	1: 5.1	592
Volldüngung	"	158.4	55.7	1: 2.8	5046
dopplt. Volldüngung	"	206.3	47.0	1: 4.4	6570
—	} zwischen Blüte { und Milchreife {	248.1	38.7	1: 6.4	5063
—		118.3	20.1	1: 6.0	3768
Volldüngung	desgl.	68.4	8.9	1: 7.6	2178
desgl. ohne N	"	22.4	4.8	1: 4.7	713
Volldüngung	"	65.1	8.9	1: 7.3	2073
desgl. ohne P	"	62.0	9.8	1: 6.4	1974
Volldüngung	"	70.5	9.4	1: 7.5	2245
desgl. ohne K	"	62.4	10.4	1: 6.2	1990
reichlich	nach dem Schossen	41.0	11.8	1: 3.5	836
"	Reif	60.0	8.7	1: 6.9	1225
"	"	42.5	4.5	1: 9.4	869
"	"	47.8	13.5	1: 3.5	975
0.224 N	Reif	22.00	3.25	1: 6.8	1243
0.112 "	"	10.55	2.90	1: 3.6	596
0.056 "	"	5.55	1.96	1: 2.8	314
Voll. mit wenig N	Milchreife	109.7	19.3	1: 5.7	2887
Volldüngung	"	172.5	20.9	1: 8.2	4539

— *) Landw. Vers.-Stat. Bd. 69, 1908, S. 201 ff. — *) Journal f. Landw. Bd. 61, 1913, S. 139 und Leguminosen, S. 28 ff. — Die eingeklammerten Angaben beziehen sich auf Schätzungen um Luftrockensubstanz. — Die Düngung hat bei Nr. 26/29 aus 5 g (NH₄)₂SO₄, 6 g die ihr beigelegte Bezeichnung „reichlich“ verdienen. — Bei Nr. 30/32 u. 34 hat eine keine Angaben und es ist daher zu vermuten, dass die letzten Spuren von den Wurzel-

1. Je höher die Wassergabe, desto günstiger stellt sich das Verhältnis zwischen der Wurzelmasse und der oberirdischen Substanz (vergl. Nr. 1 mit 3 und 5; 2 mit 4 und 6; 7 mit 8; 9 mit 10; durch Versuche von v. SEELHORST und GEORGS¹⁾ mit Gerste bestätigt).

2. In gleicher Richtung wirkt eine bessere Gestaltung des Nährstoffgehaltes im Boden. Die Mehrzahl der angeführten Beispiele liefert hierfür den Beweis. Nur Nr. 15 weist ein abweichendes Ergebnis auf, und ausserdem sei bemerkt, dass die unter 1 angeführten Versuche mit Gerste fragliche Beziehung kaum oder garnicht erkennen lassen.

3. Ebenso tritt die Wurzel Ausbildung im Vergleich zur oberirdischen Substanz um so mehr zurück, in einem um so späteren Vegetationsstadium die Ernte stattfindet. (Vergl. Nr. 11 und 12; 13 und 14, 26 und 27.) Auffallend ist bei den angeführten Versuchen von WAGNER und SCHNEIDER, dass auch das absolute Gewicht der Wurzeln im letzten Vegetationsstadium abzunehmen pflegt, wodurch das in Rede stehende Verhältnis eine besondere Erweiterung erfährt. SCHNEIDER hat z. B. im Mittel der von ihm angebauten 88 Hafersorten 12.2 g Wurzeln nach dem Schossen, dagegen nur noch 9.8 g bei den reifen Pflanzen gefunden. Es scheint uns höchst fraglich zu sein, ob es sich hierbei um eine wirkliche Abnahme der Wurzelmasse durch Translokation der Stoffe handelt, da ja sogar umgekehrt eine Rückwanderung von Nährstoffen aus den oberirdischen Organen in die Wurzeln zur Zeit der beginnenden Reife beobachtet²⁾ worden ist, oder ob nicht vielmehr durch Absterben einzelner Wurzelfasern ein Bruchteil von diesen sich der Bestimmung entzieht. Wir machen auf diesen Umstand besonders deswegen aufmerksam, weil die angedeutete Gefahr zur Zeit der beginnenden Milchreife des Hafers, in welchem Stadium unsere Versuche zum Abschluss gebracht worden sind, etwas geringer sein dürfte.

4. Sortenunterschiede sind endlich durch die erwähnten umfangreichen Versuche SCHNEIDERS nachgewiesen worden. Wir haben das Durchschnittsergebnis von 4 Svalöfs-Hafersorten in die Tabelle aufgenommen, weil uns in diesem Jahre Svalöfs-Kronenhafer von der Samenhandlung an Stelle des verlangten

¹⁾ Journal f. Landwirtschaft Bd. 48, 1900, S. 327.

²⁾ Vergl. z. B. WIMMER, Arbeiten d. D. L.-G., Heft 143, 1908, S. 114.

Ligowo-Hafers geliefert worden ist; die beiden anderen aufgeführten Sorten bringen die extremsten Fälle zur Darstellung.

Die Ergebnisse der einzelnen Versuche stimmen, wie man sieht, ihrer Richtung nach meist sehr gut untereinander überein, und man sollte daher meinen, dass auch für die berechneten, bisweilen stark abweichenden Verhältniszahlen unter Berücksichtigung der besprochenen Punkte eine Erklärung gefunden werden müsste. Das ist aber keineswegs der Fall. Man wird daran festzuhalten haben, dass die oberirdische Substanz im Verhältnis zur Wurzelmasse um so stärker ins Gewicht fällt, je günstiger die Produktionsbedingungen sind, je grösser, kurz gesagt, der Ertrag von der Flächeneinheit ist. Dies ist der Grund, weshalb wir die Oberfläche der benutzten Gefässe angegeben und dann die gefundenen Erträge gleichmässig auf die Fläche eines Quadratmeters umgerechnet (letzte Spalte der Tabelle 6) haben. Die verschiedene Höhe der Gefässe, die den Faktor „Wasser“ wesentlich beeinflusst, kann hierbei, da es sich nicht um anormale Unterschiede handelt, füglich vernachlässigt werden. Ein regelmässiges Verhalten in der Richtung, dass hohe Erträge mit einer weiten Verhältniszahl auch bei den Ergebnissen verschiedener Versuchsansteller Hand in Hand gehen, ist jedoch nicht feststellbar. Man vergleiche z. B. Nr. 9 und 10 mit Nr. 16 und 17 oder Nr. 12 mit Nr. 21, oder Nr. 4 und 6 mit unseren Versuchen Nr. 33 und 34, die den Ausgangspunkt für vorliegende Erörterungen bilden. Für letztere ist nur noch zu bemerken, dass der auch hier im Wurzelverhältnis zutage tretende Unterschied sowohl durch die verschiedene Düngung (Ertragshöhe), als auch dadurch bedingt wird, dass im zweiten Jahre die sandfreien Wurzeln zur Wägung gelangt sind.

Die erheblichen Unterschiede im Wurzelverhältnis, soweit sie nicht in den besprochenen 4 Punkten eine sachgemässe Erklärung finden, machen es uns höchst wahrscheinlich, dass bei der Bestimmung der Wurzelmenge individuelle Verschiedenheiten in der Handhabung der Methodik eine nicht zu unterschätzende Rolle spielen. Einzelne Versuchsansteller sind überzeugt, dass eine verlustfreie Gewinnung stattgefunden habe, andere geben offen zu, dass mit geringen Verlusten zu rechnen sei. Über den Punkt, bei welchem die Trennung der oberirdischen Substanz von den Wurzeln stattgefunden hat, fehlen häufig die nötigen Angaben. Ein geringer Sandgehalt ist auf mechanischem Wege,

wovon wir uns bei den diesjährigen Versuchen überzeugt haben, selbst beim sorgfältigsten Auswachsen usw. von den Wurzelfasern nicht zu beseitigen, und die Bestimmung der sandfreien Wurzelmasse sollte daher nach HELLRIEGELS Vorgang zur allgemeinen Regel gemacht werden. Es bleibt ferner immer zu berücksichtigen, dass kleine Unterschiede im Wurzelgewichte in den Verhältniszahlen mit einem Vielfachen zum Ausdruck gelangen, und schon aus diesem Grunde ist die Angabe der wahrscheinlichen Schwankungen, die sich natürlich nur beim Vorliegen einer entsprechenden Zahl von Parallelversuchen berechnen lassen, dringend erwünscht. Manche scheinbare Widersprüche würden auf diese Weise sicherlich ihre Lösung finden.

Wir gelangen daher zusammenfassend zu einem ganz ähnlichen Schlussergebnisse wie im Vorjahre.

Es ist uns leider nicht gelungen, eine bestimmte Erklärung für die zwischen unseren und anderweitigen Versuchsergebnissen in fraglicher Beziehung bestehenden bedeutenden Unterschiede aufzufinden. Der benutzte Glassand, und hierauf legen wir besonderes Gewicht, bietet aber sicherlich zu Bedenken keinerlei Veranlassung; die Entwicklung der Wurzeln im Verhältnis zu derjenigen der oberirdischen Substanz vollzieht sich in ihm ebenso wie in jedem natürlichen Boden.¹⁾

II. Gefäßversuche mit Futterrüben.

Einerseits zur Vermeidung von Bodenverschiedenheiten und des Übergreifens der Pflanzen in das anliegende Ackerland, andererseits zur Erzielung möglichst natürlicher Bedingungen wurden 18, innen mit einem Anstrich von Eisenlack versehene Zinkgefäße, deren Höhe 30 cm, deren Durchmesser 36—37 cm und deren Oberfläche daher rund 0.1 qm betrug, nach Anbringung einiger Wasserabzugslöcher in ihrem Boden auf einer durchlässigen Sandunterlage im Versuchsfelde in regelmässigen Abständen von etwa 0.75 m eingegraben. Es handelt sich also um Freilandversuche auf seitlich und bis zu einem gewissen Grade auch nach unten abgegrenzten kleinen Parzellen, die aber dem

¹⁾ Ähnliche Verhältniszahlen fanden übrigens auch HEINRICH, sowie E. v. WOLFF bei den Höchsterträgen von Wasserkulturen, nämlich 1:6.2 bzw. 1:5.2 (HEINRICH, Grundlagen zur Beurteilung der Ackerkrume. Wismar 1882, S. 74.)

Lichtzutritt besonders günstige Bedingungen gewährten. Jedes Gefäss wurde mit einem innigen Gemisch aus 26 kg Rosenthaler Leimboden und 26 kg Odersand beschickt und erhielt als Grunddüngung beim Mischen der Erde:

6.0 g NH_4NO_3 ,	8.0 g NaCl ,
13.0 „ CaHPO_4 ,	4.0 „ $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$,
16.6 „ K_2SO_4 ,	10.0 „ CaCO_3 .

Eine Kopfdüngung mit je 3.0 g NH_4NO_3 fand am 27. Mai und 19. Juni statt.

Die Pflanzenzahl wurde pro Gefäss auf 1, 3 und 5 bemessen. Wir waren uns von vornherein darüber klar, dass wir mit grossen individuellen Verschiedenheiten der Pflanzen zu kämpfen haben würden. Die Zahl von 8 Gefässen mit je 1 Pflanze (Nr. 1—8) und von je 5 Gefässen mit 3 (Nr. 9—13) bzw. 5 Pflanzen (Nr. 14—18) musste aber unserer Ansicht nach genügen.

Die Wahl einer Massennübe schien uns mit Rücksicht auf den Standraum unzweckmässig zu sein, und wir haben daher zu einer den Zuckerrüben ähnlichen Sorte, Substantia, gegriffen.

Die Aussaat, je 4 Knäuel pro Pflanzstelle, erfolgte am 25. April, das Auflaufen am 4. Mai, das Verziehen am 12. Mai, und am 24. Mai liessen wir schliesslich nur eine möglichst gleichmässig kräftig entwickelte Rübe an jeder Pflanzstelle stehen.

Abgesehen von Ohrwürmern, die durch tägliches Ablesen und gelegentliches Spritzen mit einer Nikotinlösung (2 ‰) beseitigt wurden, waren Versuchsstörungen äusserer Art nicht zu verzeichnen. Die Rüben entwickelten sich anfangs recht gleichmässig und liessen bis Ende Juni bemerkenswerte Unterschiede nur in der zu erwartenden Richtung erkennen, dass die einzelnen Pflanzen um so kräftiger waren, je geringer ihre Zahl pro Gefäss. Am 27. Juni begannen die Rüben auf Nr. 4 und 6, sowie eine Rübe auf Nr. 16 zu schiessen; es folgte noch eine auf Nr. 17.

Bei anhaltender Trockenheit musste, da namentlich die Pflanzen auf den dichtbesetzten Gefässen zu welken begannen, eine künstliche Wasserzufuhr vorgenommen werden, die aber, einem natürlichen Regenfalle entsprechend, stets völlig gleichmässig pro Gefäss erfolgte.

Später stellten sich auch unter den Parallelgefässen mehr und mehr grössere Unterschiede ein. Während bei Gefäss 17 eine Rübe im Vergleich zu den übrigen 4 Pflanzen sich ganz

ungewöhnlich stark entwickelte, mussten in anderen Fällen neben der Individualität auch noch weitere Nebenumstände im Spiele sein. So welkten z. B. die Pflanzen auf Gefäß 11 immer früher als auf Gefäß 12, trotzdem diese sich deutlich kräftiger entwickelten und daher eigentlich früher unter einem Wassermangel hätten leiden müssen.

Die Ernte fand am 18. September statt und lieferte die folgenden Ergebnisse:

Tabelle 7.

Nummer der Gefässe	Im frischen Zustand			Trockensubstanz		
	Ruben					
	einzeln	Summa	Blätter	Ruben	Blätter	Summa
	g	g	g	g	g	g
1	1157	—	139	142.0	24.7	166.7
2	1740	—	366	171.5	46.2	217.7
3	2448	—	913	266.2	94.2	360.4
4	(2886)	—	(1437)	(264.7)	(249.6)	(514.3)
5	1896	—	980	197.5	93.3	290.8
6	(2210)	—	(2039)	(210.0)	(323.0)	(533.0)
7	2142	—	393	212.0	45.0	257.0
8	2878	—	684	274.0	74.0	348.0
Mittel o. A.:	2170	2170	869	217.2	118.8	336.0 ± 32.89
„ m. A.:	2044	2044	579	210.5	62.9	273.4 ± 22.54
9	1356, 1208, 458	3022	1128	288.0	104.7	392.7
10	1858, 1097, 662	3617	1758	356.0	177.7	533.7
11	1083, 858, 547	2488	614	261.0	66.2	327.2
12	1958, 1680, 860	4498	1703	464.0	170.7	634.7
13	789, 748, 713	2250	565	325.0	72.2	397.2
Mittel:	1058	3175	1154	338.8	118.3	457.1 ± 43.21
14	619, 292, 264, 261, 233	1669	605	271.5	77.0	348.5
15	1063, 922, 433, 423, 99	2940	1652	360.0	175.0	535.0
16	858, 474×, 474, 360, 264	2430	1050	332.5	154.5	487.0
17	1889, 489, 388, 351×, 344	3461	2148	427.0	195.7	622.7
18	1859, 1168, 973, 307, 253	4560	2040	563.0	204.7	767.7
Mittel:	602	3012	1499	390.8	161.4	552.2 ± 48.63

Die Ergebnisse der Parallelgefässe weichen leider untereinander recht erheblich ab, und am stärksten macht sich dies sogar bei den Versuchen mit 5 Pflanzen bemerkbar, wo man einen besseren Ausgleich individueller Verschiedenheiten hätte erwarten können. Im äussersten Falle stellt sich das Verhältnis der geernteten Rübertrockensubstanz wie 1:2.1. Das ist höchst bedauerlich, scheint aber nicht immer vermieden werden zu können, denn auch unter den Versuchen von WILFARTH und WIMMER¹⁾ findet sich ein Fall (V), in welchem fragliches Verhältnis 1:2.3 beträgt. Unter den acht Gefässen mit je einer Pflanze waren zwei geschossen und lieferten neben keineswegs kleinen Rüben ganz ausserordentlich hohe Blatt- und Stengelmengen.²⁾ Wir haben die betreffenden Zahlen in der Tabelle eingeklammert und die Mittelberechnung ohne und mit Ausschaltung vorgenommen. Auch auf den Gefässen 16 und 17 war je eine Rübe geschossen (in der Tabelle durch ein × gekennzeichnet), doch war deren Blatt- und Stengelentwicklung ganz bedeutend schwächer und ihr Rübengewicht liegt unter dem für diese Reihe ermittelten Durchschnitt. Wir glauben daher richtig zu handeln, wenn wir in diesen Fällen von einer Ausschaltung absehen.

Das Durchschnittsgewicht der Rüben, deren Schwankungen im Einzelgewichte eine sehr beträchtliche Höhe erreichen, sinkt natürlich mit der Zahl der Rüben pro Gefäss, wobei es jedoch bemerkenswert bleibt, dass einzelne Rüben unter den 3 bzw. 5 Pflanzen sich dem Durchschnittsgewichte der Einzelsrüben (No. 1/8) erheblich nähern. Der Gesamtertrag an frischen Rüben steigt von der ersten zur zweiten Reihe sehr bedeutend, um dann etwas zu sinken. Diese Unregelmässigkeit findet aber durch den höheren Trockensubstanzgehalt der in engster Stellung gezogenen Rüben einen Ausgleich. Die Blattmassen verhalten sich analog den Rüben, falls man bei deren Trockensubstanz in der ersten Reihe die erwähnte Ausschaltung vornimmt.

¹⁾ Arbeiten d. D. L.-G. Heft 68, 1902, S. 90.

²⁾ Über den Einfluss des Schossens der Rüben auf deren Gewicht vermögen wir in der Literatur keinerlei Angaben zu finden. Es wird nur mit ziemlicher Regelmässigkeit betont, dass es sich um eine durch Bodenkälte oder Trockenheit verursachte Wachstumsstörung handle, die eine Verholzung der Rüben und einen geringeren Zuckergehalt im Gefolge habe.

Wie stellt sich nun die Sachlage unter Berücksichtigung der wahrscheinlichen Schwankungen, die wir lediglich für die besonders ins Gewicht fallenden Zahlen über den Ertrag an Gesamttrockensubstanz berechnet haben?

Ohne Ausschaltung:

Reihe II	$= 457.1 \pm 43.21 \text{ g}$	Reihe III	$= 552.2 \pm 48.63 \text{ g}$
„ I	$= 336.0 \pm 32.89 \text{ „}$	„ I	$= 336.0 \pm 32.89 \text{ „}$
Differenz:	$= 121.1 \pm 54.31 \text{ g}$	Differenz:	$= 216.2 \pm 58.73 \text{ g}$
Mittlere Differenz $= 168.6 \pm 39.99 \text{ g}$			

Mit Ausschaltung:

Reihe II	$= 457.1 \pm 43.21 \text{ g}$	Reihe III	$= 552.2 \pm 48.63 \text{ g}$
„ I	$= 273.4 \pm 22.54 \text{ „}$	„ I	$= 273.4 \pm 22.54 \text{ „}$
Differenz:	$= 183.7 \pm 48.72 \text{ g}$	Differenz:	$= 278.8 \pm 53.60 \text{ g}$
Mittlere Differenz $= 231.2 \pm 36.21 \text{ g}$			

Die Schlussfolgerung, dass die Trockensubstanzproduktion der Rüben auf den gleichen Flächen eine um so grössere gewesen ist, je geringer der der einzelnen Pflanze zugemessene Standraum war, wird aus den ohne Ausschaltung gebildeten Differenzen, die selbst im Mittel¹⁾ die vierfache wahrscheinliche Schwankung kaum überschreiten, noch nicht sicher bewiesen, wenn sie auch schon einen hohen Grad der Wahrscheinlichkeit gewinnt. Nimmt man jedoch die unserer Ansicht nach durchaus berechnete Ausschaltung vor, so muss jeder noch bestehende Zweifel schwinden. Hierzu kommt die weitere Tatsache, dass die Rüben auf den stärker besetzten Gefässen bei der überall gleichmässigen Wasserzufuhr in bezug auf den Faktor Wasser verhältnismässig schlechter gestellt gewesen sein müssen. Das ergibt sich nicht nur aus allgemeinen Erwägungen über den Zusammenhang der Transpiration mit der Blattmasse, sondern auch aus Versuchen von WOLLNY,²⁾ die beweisen, dass der Wassergehalt des Bodens mit steigender Dichtigkeit des Pflanzenbestandes sinkt. Hätten wir den Wassergehalt des Bodens durch regelmässiges Wiegen der Gefässe überall dauernd möglichst konstant halten können, wie dies bei unseren im ersten Abschnitt besprochenen Versuchen mit Hafer und Senf geschehen

¹⁾ Dieses Mittel würde sich auf Versuche mit je 4 Pflanzen beziehen.

²⁾ l. c. S. 55.

ist, so würden aller Voraussicht nach die Mehrerträge der mit 3 bzw. 5 Pflanzen besetzten Gefässe eine Steigerung erfahren haben, und dann wäre der Unterschied im Verhalten des Hafers und Senfes einerseits und der Rüben andererseits noch schärfer hervorgetreten. Erstere liefern auf einem innerhalb der gewählten Grenzen für die Einzelpflanze sehr verschiedenen Standraum von der Gesamtfläche gleiche Trockensubstanzmengen, während bei den Rüben der Ertrag mit abnehmendem Standraum steigt. Eine Erklärung für dieses abweichende Verhalten ist leicht zu erbringen. Die Wurzeln von 4 Senf- oder gar Haferpflanzen bilden in der Bodensäule mit einem Querschnitt von 380 qcm so zahlreiche Wurzelfasern, dass Wasser und Nährstoffe schon vollständig ausgenutzt werden können. Die faserarme Wurzel einer einzelnen Rübenpflanze versagt dagegen in einer Bodenmasse, deren Oberfläche 1000 qcm beträgt, bis zu einem gewissen Grade und wird jedenfalls durch Hinzutritt weiterer Pflanzen bei der vollständigen Ausnutzung der genannten Faktoren unterstützt, wobei allerdings, wie wir gleich sehen werden, auch das Licht selbstverständlich eine Rolle gespielt hat.

Mit diesem Ergebnisse decken sich bis zu einem gewissen Grade diejenigen Angaben, die einen nicht zu weiten Standraum der Zuckerrüben für die Praxis als empfehlenswert erscheinen lassen. So fand WOLLNY¹⁾ auf 4 qm grossen, durch Bretter abgegrenzten Versuchspartzellen das Folgende:

Zahl der Pflanzen	Standraum pro Pflanze qcm	Ertrag		Gewicht einer Rübe kg
		Rüben kg	Blätter kg	
4	10 000	8.95	3.40	2.21
9	4 444	19.65	6.05	2.18
16	2 500	22.60	6.15	1.41
25	1 600	27.70	7.95	1.11
36	1 109	26.85	8.40	0.74
49	812	24.30	8.30	0.49

Auf 60 qm grossen Parzellen erhielt ferner v. SEELHORST²⁾ nachstehende Ergebnisse:

¹⁾ l. c. S. 38.

²⁾ FÜHLINGS landw. Ztg. 1898, S. 300.

Zahl der Pflanzen	Standraum pro Pflanze	Ertrag Rüben
	qcm	kg
1500	400	278
666	1200	280
375	1600	227

Auch VANHA¹⁾ schliesst sich, um noch ein Beispiel anzuführen, der erwähnten Schlussfolgerung an auf Grund von Versuchsergebnissen, die allerdings nicht ganz eindeutig sind. Die Rübenenerträge schwanken in dem einen Falle nur zwischen 160.56 und 173.14 kg pro Parzelle, und da die Einzelzahlen der Parallelversuche fehlen, so lässt sich nicht entscheiden, ob die beobachteten Abweichungen ausserhalb der Fehlergrenzen liegen.

Unsere Versuche lehren, dass eine noch weiter getriebene Standraumverminderung selbst bei einer Futterrübensorte, die sich in ihren Eigenschaften den Zuckerrüben nur nähert, eine Ertragserhöhung auf der Flächeneinheit verursacht. Dies gilt aber selbstverständlich nur für die mit Bezug auf Lichtzutritt und auch Wasserversorgung durchaus abweichend von der Praxis gestalteten Versuchsbedingungen. Der Gesamtertrag an Trockensubstanz hat im Durchschnitt der Gefässe 1/8 336 g betragen, während wir in unseren kleineren, nicht einmal völlig freistehenden und mit Glassand gefüllten Gefässen bei möglichst günstiger Gestaltung der Wasser- und Nährstoffverhältnisse, auf die Fläche der grossen Gefässe umgerechnet, vom Hafer rund 500 g Trockensubstanz einschliesslich der Wurzeln zu erzielen vermögen. Ein Wasser- und Nährstoffmangel kann für die als Beispiel herangezogenen Rübenversuche noch nicht in Frage kommen, da sonst die Gefässe 9—18 keine höheren Erträge zu liefern vermocht hätten, woraus sich ergibt, dass der Faktor Licht bei der ersten Gruppe unserer Rübenversuche noch lange nicht voll zur Ausnutzung gelangt ist. Diese Verhältnisse gestalten sich natürlich auf dem freien Felde in einem geschlossenen Bestande ganz anders, was wir zu betonen besondere Ursache haben, weil die nun folgende Besprechung der letzten Versuchsreihe sonst einen Widerspruch ergeben würde.

¹⁾ Zeitschr. f. d. landw. Versuchswesen in Österreich, Bd. 10, 1907, S. 886.

III. Feldversuche mit Futterrüben.

Zur Feststellung des Einflusses, den Fehlstellen auf den Gesamtertrag der Rüben ausüben, sind wir in der Weise vorgegangen, dass wir eine sogenannte Massentrübe, Eckendorfer gelbe, in einem für praktische Verhältnisse ungewöhnlich engen, quadratischen Verbande von 30:30 cm zum Anbau gebracht haben. Das in einem guten Düngungszustand befindliche Feld umfasste etwas mehr als 1 a und erhielt 1200 g NH_4NO_3 und 1200 g K_2HPO_4 in Form einer Lösung. Das Legen der Rübenkerne, je 5 Knäuel pro Pflanzstelle, erfolgte am 27. April, das Auflaufen am 5. Mai, das Verziehen auf 2 bzw. 1 Pflanze am 22. und 29. Mai. Die Anlage der Fehlstellen geschah unmittelbar nach dem Verziehen durch Fortnahme einer Pflanze, wobei darauf geachtet wurde, dass die umstehenden Pflanzen möglichst gleichmässig entwickelt waren. Ein dreimaliges Hacken fand am 16. und 31. Mai, sowie am 19. Juni statt. Die Ernte wurde am 3. Oktober vorgenommen und zwar einerseits bei 8 die Fehlstelle umgebenden Rüben, andererseits vergleichsweise bei 8 im geschlossenen Verbande in möglichster Nähe der Fehlstellen gewachsenen Rüben. Bei ersteren haben wir noch aus einem besonderen Grunde Eckrüben (Fe vergl. Skizze) und Randrüben (Fr) unterschieden; die im geschlossenen Verbande gewachsenen Rüben bezeichnen wir mit O (ohne Fehlstellen).

●X●Fe
X XFr
●X●

Die Rüben wurden gewaschen, abgetrocknet und einzeln gewogen. Das Gewicht der Rüben schwankte innerhalb sehr weiter Grenzen, wofür einerseits Bodenverschiedenheiten, andererseits ganz besonders individuelle Unterschiede der Pflanzen, wie solche ja auch bei den auf völlig gleichmässigem Boden gewachsenen Rüben der vorigen Versuchsreihe hervorgetreten sind, verantwortlich gemacht werden müssen. Die Gesamtwirkung dieser Faktoren gelangt in den berechneten wahrscheinlichen Schwankungen der Ergebnisse zum Ausdruck. Für die Kennzeichnung der individuellen Verschiedenheiten genügt es, wenn wir unter Verzichtleistung auf die Wiedergabe des gesamten Zahlenmaterials diejenigen Fälle herausgreifen, bei denen die betreffenden Unterschiede am geringsten bzw. am stärksten hervortreten.

Es sind dies:

Fe 14 = 658 — 893 g	Fr 24 = 596 — 809 g	0.2 = 551 — 1067 g
Fe 4 = 292 — 1969 „	Fr 3 = 224 — 1476 „	0.16 = 266 — 1962 „

Für die Trockensubstanzbestimmungen haben wir eine Trennung in grosse und kleine Rüben durchgeführt und hierbei als Grenze das Gewicht von 700 g angenommen; von den O.-Rüben erfolgte die Untersuchung in je 2 Durchschnittsproben.

Kleine Rüben		Grosse Rüben	
Fe = 11.79 ‰	Trockensubstanz	Fe = 11.56 ‰	Trockensubstanz
Fr = 12.33 „	„	Fr = 11.48 „	„
0.1 = 12.36 „	„	0.1 = 10.72 „	„
0.2 = 12.02 „	„	0.2 = 11.35 „	„
Mittel = 12.13 ± 0.107 ‰ Tr.-S.		Mittel = 11.28 ± 0.135 ‰ Tr.-S.	

Der Trockensubstanzgehalt der verschiedenen Arten der kleinen bzw. grossen Rüben schwankt innerhalb der Fehlergrenzen, und die Unterschiede brauchen daher nicht weiter berücksichtigt zu werden. Die Abweichung im Durchschnittsgehalte der beiden Rübensorten erreicht dagegen fast die fünffache wahrscheinliche Schwankung, und da sie ausserdem in der allgemein bekannten Richtung liegt, so haben wir ihr in der Weise Rechnung getragen, dass für die Rüben unter 700 g ein Trockensubstanzgehalt von 12.13 ‰, für die schwereren ein solcher von 11.28 ‰ bei jedem Einzelversuche gleichmässig in Ansatz gebracht worden ist.

(Siehe die Tabelle 8 auf S. 315.)

Vor dem Aufnehmen der Rüben schien es uns, als sei im allgemeinen ein deutlicher Unterschied in der Entwicklung von Fe und Fr zugunsten der ersteren wahrnehmbar, und da die Möglichkeit bestand, dass infolge des Fortnehmens der einen Pflanze die auf den Diagonalen des freigelegten Quadrates stehenden Rüben vom besseren Lichtzutritt grösseren Nutzen ziehen könnten, so haben wir die getrennten Wägungen vorgenommen. Es ergibt sich nun nach Ausweis der Tabelle 8 tatsächlich im Durchschnitt für je 4 Eckrüben ein höheres Gewicht von 185 g, da aber die zugehörige wahrscheinliche Schwankung 175.7 g beträgt, so kann von einer irgendwie sicheren Feststellung noch nicht die Rede sein.

Die Abweichungen der Summen für Fe + Fr sind sowohl bei den frischen Rüben als auch bei den Trockensubstanzmengen,

Tabelle 8.

Nummer der Fehlstelle	Gewicht der frischen Rüben				Trocken- substanz Summa g
	Fe	Fr	Fe — Fr	Fe + Fr	
	g	g	g	g	
1	5257	2684	+ 2573	7941	911.0
2	4040	3858	+ 182	7898	894.0
3	3770	3628	+ 142	7398	834.0
4	4384	3376	+ 1008	7760	877.0
5	3682	3881	— 199	7563	865.0
6	2986	4192	— 1206	7178	822.0
7	2754	4178	— 1424	6932	790.0
8	3428	4027	— 599	7455	841.0
9	3775	3805	— 30	7580	866.0
10	4001	3683	+ 318	7684	878.0
11	3472	4420	— 948	7892	901.0
12	2596	2095	+ 501	4691	555.0
13	3108	2230	+ 878	5338	614.0
14	3360	5341	— 1981	8701	988.0
15	3114	3694	— 490	6718	767.0
16	2979	4146	— 1167	7125	815.0
17	4790	3218	+ 1572	8008	919.0
18	3150	3753	— 603	6903	788.0
19	5145	3297	+ 1848	8442	947.0
20	3123	3958	— 835	7081	797.0
21	4533	3035	+ 1498	7568	864.0
22	3356	2566	+ 790	5922	682.0
23	4373	2901	+ 1472	7274	831.5
24	4406	3262	+ 1144	7668	870.0
Mittel: {	—	—	+ 185 ± 175.7	7280 ± 112.2	830.0 ± 13.1

wie nach Lage der Dinge nicht anders zu erwarten war, recht bedeutend. Die Ergebnisse der Nr. 12 und 13 sind aber ganz auffallend niedrig und legen den Gedanken an eine Ausschaltung nahe. Die Zulässigkeit dieser Massregel wird dadurch bewiesen, dass die Ergebnisse sich alsdann dem Fehlerverteilungsgesetze besser anpassen.

(Siehe die Tabelle 9 auf S. 316.)

Die Anpassung an die geforderte Gesetzmässigkeit ist bei Ausschaltung der beiden Parzellen eine recht befriedigende, wobei immer berücksichtigt werden muss, dass die Zahl der Beobachtungen eine zu geringe ist, um einen vollständigen Anschluss erwarten zu können. Als Durchschnittszahlen für

Tabelle 9.

Ohne Ausschaltung			Mit Ausschaltung		
Trocken- substanz	gefunden		berechnet	gefunden	
	frische Rüben	berechnet		frische Rüben	Trocken- substanz
± 60.2	± 549.9	—	{ Wahrsch. Schwank. d. Einzelversuches }	—	± 396.7 ± 45.7
15	14	12	+ } Zahl der Abweich. { +	11	12
9	10	12	— } mit dem Vorzeichen { —	11	10
14	14	12.0	1.0 } Zahl der Ab-	11.0	11
21	19	19.7	2.0 } weichungen inner-	2.0	19
22	23	23.0	3.0 } halb der nfachen	3.0	20
23	23	23.9	4.0 } wahrscheinlichen	4.0	22
24	24	24.0	5.0 } Schwankung	5.0	22.0
					—

die F.-Rüben ergeben sich an Stelle der in Tabelle 8 verzeichneten nach der Ausschaltung die folgenden:

Frische Rüben = 7486.0 ± 84.6 g.

Trockensubstanz = 852.0 ± 10.0 „

Bei den O.-Rüben haben wir nur 21 mal je 8 Rüben der Versuchsfläche zu entnehmen vermocht, die den zu stellenden Anforderungen vollkommen entsprachen. Die Wägungen lieferten nachstehende Zahlen:

Tabelle 10.

Nummer der Stellen	Gewicht der		Nummer der Stellen	Gewicht der	
	frischen Rüben	Trocken- substanz		frischen Rüben	Trocken- substanz
	g	g		g	g
1	6326	728.5	13	7518	852.0
2	5795	673.0	14	6413	737.0
3	6974	801.0	15	6238	724.0
4	6218	716.5	16	7041	799.0
5	6611	761.0	17	6791	776.0
6	7806	887.0	18	6316	722.0
7	7352	837.0	19	5026	580.5
8	8717	983.0	20	7271	829.5
9	5639	648.5	21	6609	752.0
10	6395	737.0			
11	5803	665.0	Mittel: {	6591	755.0
12	5559	660.0		± 121.9	± 13.1

Die Abweichungen sind wieder recht bedeutend, zu einer Ausschaltung liegt aber kein Anhaltspunkt vor, zumal auch ohne eine solche, wie die folgende Zusammenstellung lehrt, eine genügende Anpassung der Ergebnisse an das Fehlerverteilungsgesetz stattfindet.

Tabelle 11.

	Be- rechnet	Frische Rüben	Gefunden Trocken- substanz
Wahrscheinl. Schwankung des Einzelversuchs	—	± 558.6	± 60.0
Zahl der Abweichungen	$\left. \begin{array}{l} + \\ - \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{l} 10 \\ 11 \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{l} 9 \\ 12 \end{array} \right\}$
mit dem Vorzeichen	$\left. \begin{array}{l} 10.5 \\ 10.5 \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{l} 11 \\ 11 \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{l} 12 \\ 11 \end{array} \right\}$
Zahl der Abweichungen innerhalb der	$\left. \begin{array}{l} 1.0 \\ 2.0 \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{l} 11 \\ 18 \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{l} 11 \\ 18 \end{array} \right\}$
nfachen wahrscheinlichen Schwankung	$\left. \begin{array}{l} 3.0 \\ 4.0 \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{l} 20 \\ 21 \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{l} 20 \\ 21 \end{array} \right\}$

Für die Schlussbetrachtung stellen wir die Durchschnittsgewichte der F.- und O.-Rüben, ohne und mit Ausschaltung bei ersteren, einander gegenüber:

Ohne Ausschaltung.

	frische Rüben	Trockensubstanz
F.-Rüben	$= 7280 \pm 112.2 \text{ g}$	$830.0 \pm 13.1 \text{ g}$
O.- "	$= 6591 \pm 121.9 \text{ „}$	$755.0 \pm 13.1 \text{ „}$
Differenz:	$689 \pm 164.7 \text{ g}$	$85.0 \pm 18.5 \text{ g}$

Mit Ausschaltung.

F.-Rüben	$= 7486 \pm 84.6 \text{ g}$	$852.0 \pm 10.0 \text{ g}$
O.- "	$= 6591 \pm 121.9 \text{ „}$	$755.0 \pm 13.1 \text{ „}$
Differenz:	$895 \pm 149.0 \text{ g}$	$97.0 \pm 16.6 \text{ g}$

Eine Zunahme des Gewichtes der um eine Fehlstelle gewachsenen Rüben ist also zum mindesten höchstwahrscheinlich und erlangt bei der unseres Erachtens durchaus gerechtfertigten Ausschaltung volle Gewissheit. Da das mittlere Gewicht einer O.-Rübe im frischen Zustand 824 g mit 94 g Trockensubstanz betragen hat, so würde der durch das Fehlen einer Rübe bedingte Ausfall infolge des Mehrgewichtes der umstehenden 8 Rüben ohne Ausschaltung fast vollständig (83 bzw. 90 %) und mit Ausschaltung sogar reichlich (109 bzw. 103 %) gedeckt sein. Es liegt jedoch auf der Hand, dass dieses rechnerische Ergebnis

bei der Höhe der wahrscheinlichen Schwankungen mit einem grossen Fragezeichen versehen werden muss. Wir brauchen uns dieses offenen Zugeständnisses auch durchaus nicht zu schämen, denn die einzige uns bekannte Arbeit, die sich in gründlicher Weise mit dem behandelten Gegenstande beschäftigt, gelangt zu einem in mancher Beziehung noch zweifelhafteren Ergebnisse.

DRESCHLER¹⁾ hat seine Versuche in der Weise durchgeführt, dass er auf 1 m breiten Feldstreifen die Rübenkerne im quadratischen Verbande von $33\frac{1}{3} : 33\frac{1}{3}$ cm auslegte, dann aber nur die mittlere Reihe bei der Ernte für die Wägungen heranzog, die beiden anderen aber gleichsam als „Schutzstreifen“ unberücksichtigt liess. Durch Zählen der an einer Seite frei stehenden Rüben hat er dann weiter auf dem Wege einer nicht ganz klaren Berechnung den Einfluss der Fehlstellen auf die Versuchsergebnisse festzustellen versucht. Es handelt sich also auch hier um einen Vergleich von F.- und O.-Rüben, wobei jedoch ein prinzipieller Fehler begangen wurde, indem die Wirkung der Fehlstellen nur in der Längsrichtung der Reihen, nicht aber auch seitlich zur Ermittlung gelangte. Andererseits beziehen sich seine Fehlstellen häufig auf mehrere Rüben, was den praktischen Verhältnissen besser als unsere Versuchsanstellung entspricht, aber zu noch schwankenderen Ergebnissen führen musste. In dem von ihm als Beispiel näher besprochenen Falle (S. 102 ff.) für drei gleichmässig ungedüngt gelassene Reihen gelangt er allerdings zu dem fast völlig übereinstimmenden Ergebnisse, dass als mutmasslicher Ertrag einer Fehlstelle 78.8, 79.5 und 78.7 % vom Durchschnittsgewichte der geernteten Rüben als Korrektur zu dienen habe. Er fährt dann aber wörtlich fort: „für einzelne Parzellen ergibt jedoch diese Berechnung sehr erhebliche Abweichungen, und zwar Schwankungen von 8.1 % bis 125.6 %. Das sind zwar Ausnahmen, aber sie kommen doch vor; und weil sie vorkommen, so ist eine völlig richtige Bewertung der Fehlstellen nach dem Durchschnittsgewichte der geernteten Rüben einfach unmöglich; eine annähernd richtige Korrektur oder wenigstens eine relativ richtige nach einem durchschnittlichen Prozentsatze ist nur dann möglich, wenn sich konstatieren lässt, dass das Durchschnittsgewicht der geernteten Rüben durch Fehlstellen und kleine Rüben

¹⁾ Journal f. Landwirtschaft Bd. 29, 1881, S. 66.

nicht erheblich alteriert sein kann.“ Sorgfältige Erwägungen über die hierbei in Betracht kommenden Ursachen bilden den Schluss dieser beachtenswerten Darlegungen, die in dem Satze ausklingen, „dass es unmöglich ist, ohne in völlige Willkür zu verfallen, durch Rechnung in jedem Falle denjenigen Anteil im Gewichte der geernteten Rüben, resp. denjenigen Zusatz zum Gewichte zu bestimmen, der als Folge des Wegbleibens und Zurückbleibens einer Anzahl Rüben anzusehen ist“.

Man hat seitdem bei Rübenversuchen die Fehlstellen in der Mehrzahl der Fälle überhaupt nicht berücksichtigt, oder aber ohne nähere Prüfung einen willkürlichen Zuschlag (z. B. 75 % des durchschnittlichen Rübengewichtes für jede Fehlstelle) vorgenommen. Die herrschende Unsicherheit prägt sich aber am deutlichsten darin aus, dass hier und da sogar bei verschiedenen Versuchen verschieden hohe Zuschläge gewählt worden sind. Es entsteht nun die Frage, welches der richtigste Weg sein dürfte? Wir wollen vorausschicken, dass unserer Ansicht nach, wenigstens bei Düngungsversuchen, bei denen die Erreichung des höchstmöglichen Sortenertrages nicht in Frage kommt, und hier namentlich bei Versuchen auf kleinen Parzellen, die Wahl eines möglichst geringen Standraumes für die einzelne Rübe, eine möglichst dichte Bepflanzung der Parzellen, empfehlenswert ist. Einerseits wird nämlich ein Ausgleich individueller Verschiedenheiten¹⁾ um so sicherer erreicht werden, je grösser die Zahl der Pflanzen ist, andererseits muss alsdann eine Fehlstelle im Mehrgewichte der umstehenden Rüben ebenfalls einen besseren Ausgleich finden. Jede rechnerische Korrektur halten wir jedoch auf Grund der bisherigen Feststellungen für eine willkürliche Massnahme, die nur geeignet ist, neue Fehler in die Versuchsanstellung einzuführen. Wenn es sich schon bei unseren Versuchen, bei denen die Fehlstellen völlig gleichmässig von 8 Rüben umstanden waren, gezeigt hat, dass die Ergebnisse innerhalb sehr weiter Grenzen schwankten, die keine bestimmte Schlussfolgerung zulassen, wieviel mehr muss dies noch bei praktischen Versuchen, bei denen die Fehlstellen nicht so regelmässig künstlich hergestellt werden, der Fall sein. Die Berechnung

¹⁾ Rübenversuche auf 1 qm grossen Zementkastenparzellen haben, wie wir gezeigt haben (Landw. Versuchs-Stationen Bd. 89, 1917, S. 253), infolge individueller Verschiedenheiten der Pflanze mit einer grösseren wahrscheinlichen Schwankung zu rechnen.

der wahrscheinlichen Schwankungen für die Durchschnittsergebnisse von Parallelversuchen gibt uns ferner den lange gesuchten, völlig objektiven Maßstab an die Hand, um die Brauchbarkeit der Versuche bzw. den Grad der Zuverlässigkeit der daraus zu ziehenden Schlussfolgerungen einer einwandfreien Prüfung zu unterwerfen. Bei einem leidlich geschlossenen Bestande werden etwaige Fehlstellen, dies sei nochmals betont, unseres Erachtens ohne erheblichen Einfluss auf den Ertrag bleiben. Machen sich hier und da grössere Fehlstellen bemerkbar, so werden diese als zufällige Fehler von der Wahrscheinlichkeitsrechnung umfasst. Handelt es sich aber um Versuche, bei denen mehr oder weniger grosse Flächen völlig frei von Rüben sind, so müssen deren Ergebnisse als unbrauchbar bezeichnet werden. Eine bestimmte Grenze wird sich in dieser Beziehung kaum jemals aufstellen lassen; der aber auch dann noch bisweilen gemachte Versuch, das Ergebnis durch Anbringung einer Korrektur für die Fehlstellen zu retten, muss ganz entschieden als verfehlt bezeichnet werden.

Es sei endlich noch erwähnt, dass wir die Rübenversuche, trotz der damit bislang erzielten ungünstigen Ergebnisse, im nächsten Jahre in abgeänderter Form wiederholen werden.

Breslau, im November 1916.

Mitteilung aus dem agrikultur-chemischen Institut der Universität Jena.

Direktor Hofrat Prof. Dr. IMMENDORFF.

Über Wasserstoffionenkonzentrationen in Auszügen von Moorböden und von moor- und rohhumus- bildenden Pflanzen.

Von

Privatdozent Dr. H. KAPPEN (Ref.)
und Laboratoriumsvorstand M. ZAPFE.

Die folgenden Untersuchungen schliessen sich an Arbeiten an, die von dem einen von uns¹⁾ vor kurzem über die Ursachen der Azidität der durch Ionenaustausch sauren Böden veröffentlicht wurden. Es war durch diese Arbeiten festgestellt, dass die schon früher²⁾ nachgewiesene Abhängigkeit der Ionenaustauschazidität der Mineralböden von ihrer Bedeckung mit Rohhumus zurückzuführen war auf das Eindringen der aus dem Rohhumus abfliessenden sauren Lösung in den darunter liegenden Mineralboden. Die wahre Azidität der bei angestellten Sickerversuchen erhaltenen Rohhumuslösung war so gross, dass man von ihr eine lösende Einwirkung auf den Mineralboden und dabei auch die Bildung von Aluminium- oder Eisensalzen, deren Vorhandensein für die Entstehung der Austauschazidität als unbedingt erforderlich betrachtet werden muss, anzunehmen wohl berechtigt war. Offen gelassen war dabei allerdings noch die Frage, ob die Wirkung der Rohhumuslösung einzig und allein auf die Bildung von Aluminiumsalzen im Boden zurückzuführen wäre, oder ob

¹⁾ KAPPEN, Die landw. Versuchs-Stationen Bd. 89, S. 39.

²⁾ Derselbe, ebenda Bd. 88, S. 16.

nicht schon die Bildung solcher Salze in dem an Sesquioxiden reichen Rohhumus selbst vonstatten gehen könnte.

Was die in den Rohhumuslösungen enthaltene Säure selbst anging, hatte sich in jenen Arbeiten sehr wahrscheinlich machen lassen, dass sie weder eine starke anorganische Säure noch irgendeine der einfacheren organischen Säuren sein konnte. Durch absorbierend wirkende Stoffe konnte nämlich die Säure zum grossen Teil aus der Rohhumuslösung zugleich mit der organischen Substanz entfernt werden, und dieses Verhalten führte zu dem Schluss, dass die Säure in der Rohhumuslösung ein organischer Stoff mit grossem Molekül sein musste, der wenn er nicht selbst schon ein Kolloid war, doch den Kolloiden bereits sehr nahe stehen musste.

Weiterhin hatte sich bei den damaligen Versuchen, die in der Hauptsache unter Anwendung eines Kiefernrohhumus ausgeführt wurden, ergeben, dass der Vorgang, den man bisher als Neutralsalzzersetzung durch Humusstoffe bezeichnet hatte und der als eine wesentliche Stütze für die Annahme der echten Säurenatur der Humussäuren galt, in der Hauptsache auf Ionenaustausch und zwar vornehmlich auf dem Austausch von Aluminiumion gegen Ionen der Neutralsalze beruhte. Es war aus dieser Tatsache der experimentell belegte Schluss hergeleitet, dass im Gegensatz zu den bisher gültigen Anschauungen die „Neutralsalzzersetzung“ bei den sauren Humusstoffen unter den Verhältnissen in der Natur zu keiner wesentlichen Erhöhung der Azidität der aus dem Rohhumus ablaufenden Sickerwässer führen und somit auch keine verstärkte Aufschliessung des unter dem Rohhumus liegenden Mineralbodens verursachen könnte.

Hervorzuheben wäre dann schliesslich noch von den damals erhaltenen Untersuchungsergebnissen die Feststellung, dass die Befähigung zum Austausch von Aluminium- und Eisenionen nicht immer erst bei der Humifizierung der Pflanzenteile erworben wird, sondern dass den Pflanzen zum Teil die Eigenschaft der Austauschazidität bereits in wenig zersetztem Zustande eigentümlich ist.

Durch das freundliche Entgegenkommen des Herrn Geheimrat Prof. Dr. TACKE in Bremen wurde es nun ermöglicht, die Untersuchungen, die, wie schon erwähnt, früher in der Hauptsache an einem Kiefernrohhumus ausgeführt wurden, jetzt auch

auf die Rohhumusablagerungen der Torfmoore auszudehnen. Wir gelangten in den Besitz einer ganzen Reihe von Hochmoorproben, die zum Teil aus verschiedener Tiefe stammten und zum Teil von verschiedenen gedüngten, kultivierten Moorfeldern. Unsere Untersuchungen konnten sich also auch auf die Azidität von Moorschichten verschiedenen Alters und auf die Beeinflussung der Azidität des Moores durch verschiedenartige Düngungsmassregeln erstrecken. Weiterhin wurde aber auch frisches, noch ganz unzersetztes Sphagnummoos zu den Untersuchungen herangezogen und ausserdem auch noch andere an der Rohhumusbildung in besonderem Grade beteiligte Pflanzen. Die Ergebnisse, zu denen diese Untersuchungen führten, sollen im folgenden mitgeteilt werden.

A. Versuche mit Moorbodenproben.

I. Entnahme der Proben.

Die zu den folgenden Untersuchungen benutzten Moorproben wurden vom Referenten im Dezember 1915 auf dem Versuchsgute Königsmoor der Moorkulturversuchsanstalt zu Bremen genommen. Die erste Reihe der Proben stammte aus einem Torfstich. Hier wurden an einem frisch hergestellten senkrechten Abstich Klötze von jedesmal 30 cm Höhe ausgestochen und in Säcken verpackt nach Jena geschickt, wo jede Probe für sich gründlichst gemischt wurde. Im ganzen wurden in diesem Torfstich sechs Proben entnommen; Probe 1 stellt die Mischprobe des Bodens von 0—30 cm Tiefe dar, Probe 2 von 30—60 cm, Probe 3 von 60—90 cm, Probe 4 von 90—120 cm, Probe 5 von 120—165 cm. In der Tiefe von 165 cm ruhte der Torf auf dem Untergrundssande, von dem dann noch als Nr. 6 eine Probe ebenfalls 30 cm tief mit dem Tellerbohrer heraufgeholt wurde.

Die zweite Reihe der Moorproben gehörte zu einem Düngungsversuch. Dieser Versuch bestand aus 27 Parzellen, von denen je drei in übereinstimmender Weise gedüngt waren. Von jeder Parzelle wurden durch gleichmässig tiefes Ausstechen eines Klotzes mit dem Spaten an zwei Stellen Proben genommen, jedoch wurden gleich auf dem Felde die Proben von den drei gleich gedüngten Parzellen vereinigt, so dass sich von diesem Versuche im ganzen 9 Proben ergaben. Die folgende Über-

sicht gibt die Art der verschiedenen Düngungen an; man sieht, dass jedesmal drei Parzellen ohne Kalkdüngung, drei mit einer schwächeren und drei mit einer stärkeren Kalkgabe, einmal 10 und einmal 20 dz Calciumkarbonat pro Hektar in einem Kalkmergel entsprechend, angelegt waren. Ein Unterschied bestand zwischen den einzelnen Reihen noch in der Beidüngung der Kalisalze; es war einmal 40-prozentiges Kalisalz, einmal Kainit und schliesslich noch schwefelsaure Kalimagnesia angewendet worden.

Proben des Düngungsversuches.

Nr. 1	ohne Kalk.	. . . . .	Kali als 40-prozentiges Salz,
" 2	"	"	" " Kainit,
" 3	"	"	" " schwefels. Kali-Magnesia,
" 4	1000 kg CaCO_3 pro Hektar	. . . . .	" " 40-prozentiges Salz,
" 5	1000	" " " "	" " Kainit,
" 6	1000	" " " "	" " schwefels. Kali-Magnesia,
" 7	2000	" " " "	" " 40-prozentiges Salz,
" 8	2000	" " " "	" " Kainit,
" 9	2000	" " " "	" " schwefels. Kali-Magnesia,
" 10	unkultiviertes Moor.		

Als Nr. 10 wurde zum Vergleich in diese Reihe noch eine Probe aufgenommen, die von einem von dem Versuchsfelde nur wenig entfernten, nicht kultivierten Teile der Moorfläche stammte. Hier wurde die Heidekrautnarbe an drei Stellen vom Moor entfernt, dann wurden in gleicher Weise wie auf dem Felde Proben genommen und zu einer Durchschnittsprobe vereinigt. Diese Probe 10 musste zeigen, wie sich vollkommen unbehandeltes Moor im Vergleich zu dem kultivierten und verschiedenartig gedüngten Moor bei der Bestimmung der Azidität verhielt.

Die weitere Vorbereitung der Proben für die Versuche geschah bald nach ihrer Ankunft in Jena, nachdem sie durch Ausbreiten an der Luft so weit abgetrocknet waren, dass sie sich durch ein 0.5 mm-Sieb hindurchreiben liessen; die zusammengelegten Proben wurden sehr gründlich gemischt, Teilproben wurden in gut schliessenden Glasgefässen, die Reste in Tonöpfen aufbewahrt.

Ausser diesen Moorbodenproben wurden zu den Untersuchungen nun auch noch frisches, lebendes Sphagnummoos und ausserdem auch noch andere Pflanzen herangezogen, die für die Rohhumusbildung Bedeutung besitzen. Das Sphagnummoos, das anfänglich benutzt wurde, stammte aus dem Königsmoor bei

Bremen, später wurde aber auch noch ein anderes Sphagnummoos benutzt, nachdem der Referent im Nossengrunde bei Dorna in Sachsen-Altenburg ein reiches Vorkommen davon aufgefunden hatte. Das Moos aus dem Nossengrunde war ein *Sphagnum acutifolium*. Die übrigen untersuchten Pflanzen wurden zum grössten Teil in der Nähe von Dorna in Sachsen-Altenburg auf Buntsandstein gesammelt, so *Calluna vulgaris*, *Vaccinium myrtillus*, ein *Polypodium*-Moos, dann Nadeln von Fichten und Kiefern. Andere Pflanzen oder Pflanzenteile stammten aus dem schon früher¹⁾ oft genannten Birkigt bei Wetzdorf, ebenfalls also von kalkarmem Boden, andere aus Jena selbst, also von kalkreichem Boden. Diese Pflanzen wurden bereits im Spätsommer 1915 gesammelt; sie wurden an der Luft getrocknet und dann in grob zermahlenem Zustande zur Untersuchung benutzt. Zeitlich gingen diese Versuche mit den aus der Umgebung Jenas stammenden Pflanzen denen mit den Moorböden und dem Sphagnummoos voraus; hier bei der Darstellung der Untersuchungsergebnisse mögen sie aber der besseren Anordnung des Stoffes wegen an letzter Stelle behandelt werden.

II. Ausrührversuche mit den Torfstichproben und den Proben vom Düngungsversuch.

a) Torfstichproben.

Die in der oben angegebenen Weise vorbereiteten Proben wurden zunächst auf ihr Verhalten gegen Wasser, gegen normale Kaliumchlorid- und gegen 10-prozentige Calciumazetatlösung untersucht. Dazu wurden jedesmal 10 g der verschiedenen Proben in Bechergläsern mit 200 ccm Wasser oder der gleichen Menge der genannten Lösungen zwei Stunden lang unter wiederholtem Umrühren behandelt. Die Lösungen wurden dann abfiltriert und die Rückstände im Becherglase etwas ausgepresst, um möglichst viel von den Lösungen zu gewinnen. Meistens waren die wässerigen Lösungen schwach gelblich gefärbt, die Kaliumchlorid- und Calciumazetatlösungen so gut wie farblos. Bei allen Lösungen wurde die Titrationsazidität und die Wasserstoffzahl bestimmt und ausserdem bei den wässerigen Lösungen noch die Leitfähigkeit mit Hilfe des PLEISSNERSchen Apparates, ferner die Abdampf-

¹⁾ Die landw. Versuchs-Stationen Bd. 88, S. 16.

und Glührückstände. Die hierbei erhaltenen Werte sind in Tabelle I zusammengestellt; Nr. 1 ist darin die oberste, Nr. 6 die unterste Schicht des Torfstiches.

(Siehe die Tabelle I auf S. 327.)

Die erste Reihe der Tabelle zeigt uns nun, dass eine Titrationsazidität, worunter wir hier und im folgenden die Menge der zur Neutralisation von 100 ccm der Lösungen erforderlichen 0.1-normalen Natronlauge verstehen, bei keiner der Lösungen vorhanden ist; stets trat mit dem ersten Tropfen Natronlauge in den zur Titration benutzten 50 ccm der Lösungen der Umschlag des als Indikator angewandten Phenolphthaleins ein. Keine einzige der Proben hat also an das Wasser soviel Säure abgegeben, dass sie unter Verwendung von 0.1-normaler Lauge hätte festgestellt werden können.

In völliger Übereinstimmung mit diesem Verhalten beim Titrieren steht denn auch das Ergebnis der Messungen der Wasserstoffionenkonzentrationen; vom Neutralpunkt, bei dem die Wasserstoffzahl gleich 10^{-7} zu setzen ist, entfernen sich die Wasserstoffzahlen, wenn sie auch alle nach der sauren Seite hin liegen, so wenig, dass man aussagen kann, dass die Proben so gut wie keine Wasserstoffionen an die Lösung abgegeben haben. Bei der ausserordentlich grossen Empfindlichkeit der Methode muss also ohne Frage zugegeben werden, dass leicht und schnell lösliche Säuren kaum in Spuren in dem untersuchten Material vorhanden gewesen sein können.

Dieser Befund deckt sich vollkommen mit dem in einer früheren Arbeit unter Verwendung von Kiefernrohhumus festgestellten,¹⁾ wo sich beim Behandeln von 20 g Kiefernrohhumus mit 250 ccm Wasser eine Wasserstoffzahl von nur $4.8 \cdot 10^{-7}$ ergab. Mit der Erhöhung der Rohhumusmenge und mit der Verlängerung der Berührung des Rohhumus mit dem Wasser trat hier dann aber eine so erhebliche Steigerung der Wasserstoffzahl ein, dass an der Möglichkeit der Abgabe von Wasserstoffionen aus dem Rohhumus an das Wasser nicht mehr gezweifelt werden konnte; stieg doch bei Anwendung von 60 g Rohhumus auf 250 ccm Wasser die Wasserstoffzahl auf $6.51 \cdot 10^{-6}$, also auf das mehr als Zehnfache, und bei längerem Stehenlassen

¹⁾ KAPPEN, Die landw. Versuchs-Stationen Bd. 89, S. 53.

Tabelle I.

Nummer	Wässriger Auszug				Auszug mit Kaliumchloridlösung		Auszug mit Calciumazetatlösung		
	Titration ccm	Wasserstoff- zahl	Abdampf- rückstand in 100 ccm	Glüh- rückstand in 100 ccm	Leit- fähigkeit	Titration 100 ccm ccm	Wasserstoff- zahl	Titration 100 ccm ccm	Wasserstoff- zahl
1	0.0	3.0.10 ⁻⁷	7.0	1.0	4.6.10 ⁻⁵	1.6	5.6.10 ⁻⁴	13.2	9.5.10 ⁻⁷
		2.4.10 ⁻⁷			4.3.10 ⁻⁵	1.8	4.6.10 ⁻⁴	13.4	8.2.10 ⁻⁷
2	0.0	1.6.10 ⁻⁷	6.2	1.9	6.7.10 ⁻⁵	0.2	1.2.10 ⁻⁵	7.0	9.5.10 ⁻⁷
		1.4.10 ⁻⁷			7.5.10 ⁻⁵	0.2	4.7.10 ⁻⁵	7.2	—
3	0.0	2.4.10 ⁻⁷	7.9	1.5	7.4.10 ⁻⁵	0.6	3.7.10 ⁻⁴	6.4	4.5.10 ⁻⁷
		1.6.10 ⁻⁷			7.9.10 ⁻⁵	0.6	2.9.10 ⁻⁴	6.8	4.5.10 ⁻⁷
4	0.0	1.6.10 ⁻⁷	8.0	1.5	5.6.10 ⁻⁵	0.5	1.9.10 ⁻⁴	9.2	5.5.10 ⁻⁷
		1.4.10 ⁻⁷			6.4.10 ⁻⁵	0.5	2.3.10 ⁻⁴	8.6	4.9.10 ⁻⁷
5	0.0	1.4.10 ⁻⁷	7.4	1.6	3.9.10 ⁻⁵	0.8	1.7.10 ⁻⁴	6.4	6.1.10 ⁻⁷
		1.9.10 ⁻⁷			3.9.10 ⁻⁵	—	—	7.2	3.8.10 ⁻⁷
6	0.0	4.5.10 ⁻⁷	15.5	13.2	2.4.10 ⁻⁴	0.4	1.1.10 ⁻⁵	6.4	4.1.10 ⁻⁷
		1.2.10 ⁻⁷			2.0.10 ⁻⁴	—	—	—	3.0.10 ⁻⁷

von 10 Teilen Rohhumus mit 100 Teilen Wasser sogar auf $1.2-1.3 \cdot 10^{-5}$. Die Konzentrationsverhältnisse, noch mehr aber wohl die Dauer der Einwirkung des Wassers auf den Rohhumus scheinen demnach für den Übergang von Säuren in die Lösung ausschlaggebende Faktoren zu sein. Das bestätigte sich denn auch hier beim Hochmoorhumus. Als nämlich 100 g der Probe Nr. 1 vom Torfstich mit 400 ccm Wasser 24 Stunden lang in Berührung gelassen wurde, ergab sich eine Lösung mit einer Wasserstoffzahl von $1.5 \cdot 10^{-6}$. Diese Zahl bleibt zwar noch weit hinter der beim Kiefernrohhumus erhaltenen zurück, muss aber doch als Beweis dafür angesprochen werden, dass auch der Hochmoorhumus Säurewasserstoff an Wasser abzugeben vermag. Bei den später zu besprechenden Sickersversuchen wird sich diese Tatsache mit noch viel grösserer Deutlichkeit ergeben; und es wird dort auch Gelegenheit dazu geboten sein, über die Ursachen dieser Abgabe von Säurewasserstoff zu sprechen.

Was dann die übrigen an den wässerigen Lösungen bestimmten Werte angeht, so ist nicht viel dazu zu bemerken. Die Abdampf- und Glührückstände und damit auch die Gehalte an organischer Substanz sind nicht sehr verschieden bei den einzelnen Moorproben; immerhin beträgt die Menge der gelösten organischen Substanz $0.5-1.3\%$ der angewandten Trockensubstanz des Moostorfes. Die Lösung vom Untergrundboden enthält eine viel grössere Menge löslicher Stoffe als die Torflösungen, und die unverbrennlichen Stoffe walten dabei vor. Damit in Übereinstimmung steht es denn auch, dass die Leitfähigkeit der Lösung vom Untergrund einen viel höheren Wert besitzt, als die der Torfproben. Bei den Torfproben sind die Leitfähigkeitswerte übrigens noch etwas grösser als diejenigen, die von BAUMANN und GULLY¹⁾ in einem Brei von Moostorf und Wasser gemessen sind. Die von diesen Forschern angegebenen Werte schwanken zwischen $1.5-2.9 \cdot 10^{-5}$, während unsere bei den Moostorfproben Nr. 1-5 gemessenen Werte zwischen $3.9-7.8 \cdot 10^{-5}$ liegen. Bekanntlich haben BAUMANN und GULLY aus ihren Leitfähigkeitsmessungen den Schluss gezogen, dass der Moostorf keine Säuren enthalten könne, und unsere Bestimmungen der Wasserstoffzahlen an den wässerigen Auszügen zeigen tatsächlich, dass trotz der noch etwas höheren Leitfähigkeiten noch keine nennenswert

¹⁾ Mitt. d. Kgl. Bayr. Moorkulturanstalt 1910, Heft 4.

grösseren Wasserstoffionenmengen darin enthalten sind, als in reinem Wasser. Man könnte also in unseren Messungsergebnissen eine Bestätigung der BAUMANN-GULLYSchen Auffassung erblicken. In Wirklichkeit aber sind bei einem Material wie Moostorf Leitfähigkeit und Wasserstoffzahl doch nicht so eng verknüpfte Grössen, dass BAUMANNs und GULLYS Schlussfolgerung berechtigt wäre. Schon RINDELL¹⁾ hat darauf hingewiesen, dass eine 0.001-normale Lösung von Essigsäure eine Leitfähigkeit von $4.1 \cdot 10^{-5}$ besitzt. Die Wasserstoffionenkonzentration²⁾ einer solchen doch sehr schwachen Säure ist nun aber gleich $1.36 \cdot 10^{-4}$. Es kann also, wie diese Zahlen lehren, bei einer geringen Leitfähigkeit bereits eine ganz erhebliche Wasserstoffionenkonzentration vorhanden sein, andererseits braucht aber Leitfähigkeit und Wasserstoffzahl gar nichts miteinander zu tun zu haben, wenn, wie es bei unseren Moostorfauszügen der Fall ist, noch andere Elektrolyte vorhanden sind, die die Leitung besorgen.

Wie dann aus den Zahlen der Tabelle I weiter hervorgeht, trat bei Anwendung der normalen Kaliumchloridlösung zum Ausrühren eine deutliche Azidität in den abfiltrierten Lösungen ein. Alle Lösungen verbrauchten jetzt zur Neutralisation eine gewisse Menge Säure. Die Abweichungen in diesem Säureverbrauch sind bei den verschiedenen Proben sehr erheblich, doch lassen sie sich durch die Verschiedenheit des Trockensubstanzgehaltes der Proben (Tabelle II, S. 333) nicht erklären, es müssen vielmehr tatsächliche Verschiedenheiten der Schichten in ihrer Wirkung auf Neutralsalze angenommen werden, die vielleicht auf die Beteiligung verschiedener Pflanzenarten an der Entstehung der Schichten zurückzuführen sind.

Mit der Titrationsazidität hat sich nun, wie die nächste Reihe zeigt, auch eine ganz bemerkenswerte Wasserstoffionenkonzentration in den Kaliumchloridlösungen eingestellt. Bei Probe 1 mit der höchsten Titrationsazidität ist auch die Wasserstoffzahl am höchsten, bei Probe 2 mit der geringsten Titrationsazidität ist sie am kleinsten. Der Unterschied der Wasserstoffzahlen bei diesen beiden Proben ist sehr bedeutend; in ähnlicher Weise wie Probe 2 weicht nur noch Probe 6, der sandige Untergrund, von den übrigen ab.

¹⁾ Internat. Mitt. f. Bodenkunde 1911, S. 71.

²⁾ L. MICHAELIS, Die Wasserstoffionenkonzentration S. 23.

Eine Ausfällung von Aluminiumhydroxyd oder Eisenhydroxyd trat übrigens in keiner der Lösungen bei der Titration mit Natronlauge ein, und es könnte infolgedessen zunächst noch zweifelhaft erscheinen, ob man es hier mit Ionenaustausch oder mit einer wirklichen Zersetzung des Neutralsalzes durch die Humussäure des Moostorfes zu tun hat. Im letzten Falle müsste freie Salzsäure entstanden sein, diese müsste aber erheblich höhere Wasserstoffzahlen liefern, als tatsächlich in den Lösungen gemessen wurden. So würden sich, wenn die Titrationsaziditäten auf dem Vorhandensein freier Salzsäure beruhten, für die Lösungen der einzelnen Proben unter Annahme einer vollständigen Dissoziation der Salzsäure folgende Wasserstoffzahlen berechnen:

Probe	1	2	3	4	5	6
	$1.7 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-4}$	$6 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-4}$	$8 \cdot 10^{-4}$	$4 \cdot 10^{-4}$

Von diesen Werten sind aber die tatsächlich gefundenen Wasserstoffzahlen noch zum Teil weit entfernt; es enthalten also die Lösungen nur Bruchteile derjenigen Mengen an Wasserstoffionen, die ihnen zukommen müssten, wenn freie Salzsäure die Ursache ihrer Titrationsazidität wäre. In Prozenten des Gesamt-Säurewasserstoffs ausgedrückt sind in dissoziiertem Zustande vorhanden bei

Probe	1	2	3	4	5	6
rund	30 %	14 %	55 %	42 %	21 %	3 %

Freie Salzsäure kann hiernach nicht die Ursache der Azidität der Kaliumchloridlösung sein, denn sie ist in so verdünnten Lösungen fast vollständig in Ionen zerfallen. Andererseits muss aber auch hervorgehoben werden, dass mit Ausnahme des Bodens 6 die Azidität vielleicht nicht ausschliesslich auf durch Ionenaustausch in der Lösung entstandenes Aluminiumchlorid zurückgeführt werden kann; dafür sind wiederum, mit alleiniger Ausnahme des Untergrundsandes, bei dem Titrationsazidität und Wasserstoffzahl mit einer entsprechend konzentrierten Aluminiumchloridlösung wohl übereinstimmen, die Wasserstoffzahlen zu hoch. Für diesen zu hohen Ausfall der Wasserstoffzahlen können verschiedene Erklärungen herangezogen werden, auf die aber erst nachher bei den Sickerversuchen, wo sich die gleichen Erscheinungen zeigen, näher eingegangen werden soll.

Die Auszüge des Moostorfes, die unter Verwendung von 10-prozentiger Calciumazetatlösung hergestellt wurden, zeigen

dann, wie die vorletzte Reihe der Tabelle I zeigt, eine ganz bedeutende Titrationsazidität. Auf die Ursachen dieser starken Entbindung von Essigsäure hier näher einzugehen, wäre jedoch verfrüht; es hiesse das die ganze Streitfrage über die Säurenatur des Hochmoors aufröhlen, was hier nicht geschehen soll. Erst wenn alle übrigen Ergebnisse der Untersuchungen mitgeteilt sind, werden sich einige Versuche zu diesem Punkt anführen lassen, die diese Frage zwar nicht lösen, aber doch wohl einer endgültigen Lösung näherrücken werden. An dieser Stelle mag aber noch auf die Wasserstoffzahlen der Calciumazetatlösungen die Aufmerksamkeit gelenkt werden. Trotz der im Vergleich zu den Kaliumchloridlösungen sehr hohen Titrationsaziditäten sind die Wasserstoffzahlen beim Calciumazetat sehr viel niedriger als dort. Das hat, worauf schon an anderer Stelle¹⁾ kurz hingewiesen wurde, in der bekannten Tatsache seinen Grund, dass die Dissoziation von schwachen Säuren durch die Gegenwart ihrer Alkali- oder Erdalkalisalze derart herabgedrückt wird, dass die Konzentration des Wasserstoffs umgekehrt proportional der Konzentration des zugesetzten Neutralsalzes ist. Wird z. B. zu einer Lösung von Essigsäure, die 7.5 g davon im Liter enthält und damit eine Wasserstoffzahl von $1.5 \cdot 10^{-3}$ hat, die äquivalente Menge Natriumazetat hinzugefügt, so geht die Wasserstoffzahl auf $1.8 \cdot 10^{-5}$ zurück.²⁾ Dieser Rückgang der Wasserstoffzahl ist die Folge der gegenseitigen Beeinflussung des Dissoziationsgleichgewichtes bei zwei Elektrolyten mit einem gemeinschaftlichen Ion, das in unserem Beispiele in dem Gemisch von Essigsäure und essigsaurem Natrium eben das Azetat ist. Bei der Behandlung von Moostorf mit Calciumazetat wird nun durch die Bindung von Kalk Essigsäure frei, so dass nach der Umsetzung die gleichen Verhältnisse vorliegen, wie bei einer beabsichtigten Mischung von Essigsäure mit Calciumazetat, wobei ebenfalls als gemeinschaftliches Ion das Azetat auftritt. Nicht unwichtig zu betonen ist es hier vielleicht noch, dass eine solche Beeinflussung der Dissoziationsverhältnisse nur eintreten kann, wenn es sich um ein Gemisch eines stark dissoziierten Stoffes mit einem schwach dissoziierten handelt. Das scheint nicht immer die notwendige Beachtung zu finden,

¹⁾ KAPPEN, Die landw. Versuchs-Stationen Bd. 89, S. 76.

²⁾ OSTWALD, Grundriss d. allgem. Chemie 1909, S. 461.

wie aus der Mitteilung von E. RAMANN¹⁾ über Bodenpresssäfte hervorgeht, in der auch von einer Beeinflussung der Dissoziation starker Säuren durch ihre Neutralsalze gesprochen wird. Hier handelt es sich um nur stark dissoziierte Stoffe und in Gemischen solcher Stoffe bleibt die Dissoziation unverändert.

Dieses Verhalten stark dissoziierter Stoffe hat für die Kaliumchloridbehandlung der durch Ionenaustausch sauren Böden eine gewisse Bedeutung. Es entsteht ja dabei Aluminiumchlorid, das durch den Einfluss des Lösungsmittels zum Teil in Hydroxyd und freie Salzsäure hydrolysiert ist. Fände nun eine Beeinflussung der Dissoziation starker Säuren durch ihre Neutralsalze statt, so würde man erwarten müssen, dass die Wasserstoffzahlen der beim Ionenaustausch sich ergebenden Mischungen von Kalium- und Aluminiumchloridlösung kleiner seien, als die Wasserstoffzahlen der gleich konzentrierten Aluminiumchloridlösungen in Abwesenheit von Chlorkalium. Um uns darüber zu vergewissern, haben wir Aluminiumchloridlösungen ohne Kaliumchlorid und in Gegenwart eines Mols Kaliumchlorid im Liter auf ihre Wasserstoffzahlen untersucht und dabei die folgenden Zahlen erhalten:

	0.5 ‰	1.0 ‰	5.0 ‰	10 ‰
reine Aluminiumchloridlösung . .	$8.3 \cdot 10^{-5}$	$1.1 \cdot 10^{-4}$	$1.7 \cdot 10^{-4}$	$2.3 \cdot 10^{-4}$
Aluminium + Kaliumchloridlösung	$5.6 \cdot 10^{-5}$	$6.9 \cdot 10^{-5}$	$1.7 \cdot 10^{-4}$	$2.3 \cdot 10^{-4}$

Völlige Übereinstimmung in beiden Reihen herrschte nach diesem Versuche zwar nur bei der Konzentration von 5.0 ‰ und 10 ‰, die Abweichungen bei den beiden anderen Konzentrationen sind aber auch nicht derart, dass wir an der Richtigkeit der oben angegebenen Gesetzmässigkeit über die Beeinflussung der Dissoziationsverhältnisse bei zwei starken Elektrolyten mit einem gemeinsamen Ion glauben zweifeln zu dürfen.

Überschaut man nun noch einmal die Zahlen der Tabelle I nach Beziehungen zwischen dem Verhalten der Proben bei den verschiedenen Prüfungen und der Tiefe der Schicht, aus der sie stammen, so lässt sich nicht viel besonderes erkennen. Allerdings sind auch nicht alle Proben miteinander vergleichbar, weil sie, wie aus der Tabelle II hervorgeht, nicht den gleichen Trockensubstanzgehalt, der doch als Grundlage eines Vergleiches vorhanden sein müsste, besaßen; eine Umrechnung der bestimmten Werte auf gleichen Trockensubstanzgehalt war hier natürlich unmöglich.

¹⁾ Internationale Mitt. f. Bodenkunde 1916, S. 18.

Tabelle II.

Nr.	Trockensubstanz	Asche
	%	%
1	19.62	1.59
2	11.56	0.18
3	9.81	0.19
4	11.70	0.32
5	23.03	10.73
6	84.61	81.36

Immerhin ersieht man aber aus der Tabelle II, dass die Proben 2, 3 und 4 in ihrem Gehalt an Trockensubstanz und Asche nicht sehr voneinander abweichen, und man darf deswegen sagen, dass zwischen diesen drei Proben jedenfalls keine Verschiedenheiten bestehen, die in eine Abhängigkeit von der Tiefe der Schichten und damit dem Alter oder Zersetzungsgrade des Torfes gebracht werden könnten. Wahrscheinlich wird, wie schon oben erwähnt, für das tatsächlich bestehende verschiedene Verhalten der Torf-Proben bei den einzelnen Prüfungen die Zusammensetzung aus verschiedenen torfbildenden Pflanzen von Bedeutung sein. Die oberste Schicht des Profils zeigt übrigens, das mag noch zu diesem Punkte erwähnt werden, eine deutliche Überlegenheit über die anderen in einer Richtung, nämlich in ihrer Wirkung auf die Kaliumchloridlösung, die auch dann bestehen bleibt, wenn man die Annahme macht, dass bei den Proben die Umsetzung mit der Kaliumchloridlösung dem Trockensubstanzgehalte proportional zunähme. Auch eine andere Oberflächenprobe von unkultiviertem Moor zeigt übrigens, wie aus Tabelle III Nr. 10 sich ergeben wird, bei der Kaliumchloridmethode bei gleichem Trockensubstanzgehalte wie die Probe 1 vom Torfstich eine gleich hohe Titrationsazidität, so dass es sich bei dieser Überlegenheit in der Einwirkung der Oberflächenschicht auf die Kaliumchloridlösung doch wohl nicht um etwas Zufälliges handeln wird.

b) Proben vom Düngungsversuch.

Die Verarbeitung der Proben vom Düngungsversuch, dessen Einrichtung aus den Angaben auf S. 324 zu entnehmen ist, geschah in der gleichen Weise, wie es bei den Torfstichproben angegeben wurde. Die Ergebnisse der Titrations und der Messungen der Wasser-

stoffzahlen sind in der folgenden Tabelle III zusammengestellt, die Bestimmungen der Leitfähigkeiten, sowie der Abdampf- und Glührückstände und der Trockensubstanzen und Aschengehalte enthält Tabelle IV. Vergleicht man hier zunächst die Zahlen für die Titrationsazidität und die Wasserstoffionenkonzentrationen der Auszüge mit Wasser, so sieht man, dass hier im

Tabelle III.

Nr.	Wasser-Auszug		Kaliumchlorid-Auszug		Calciumazetat-Auszug	
	NaOH 10 auf 100 ccm ccm	Wasser- stoffzahl	NaOH 10 auf 100 ccm ccm	Wasser- stoffzahl	NaOH 10 auf 100 ccm ccm	Wasser- stoffzahl
1	0.20	$5.1 \cdot 10^{-7}$	1.00	$1.5 \cdot 10^{-4}$	14.4	$1.6 \cdot 10^{-6}$
	0.20	$4.3 \cdot 10^{-7}$	1.00	$1.8 \cdot 10^{-4}$	16.0	$1.6 \cdot 10^{-6}$
2	0.10	$1.6 \cdot 10^{-7}$	1.20	$2.1 \cdot 10^{-4}$	19.8	$2.8 \cdot 10^{-6}$
	0.10	$2.2 \cdot 10^{-7}$	1.00	$1.6 \cdot 10^{-4}$	16.6	$3.8 \cdot 10^{-6}$
3	0.15	$3.5 \cdot 10^{-7}$	1.00	$1.1 \cdot 10^{-4}$	15.4	$2.5 \cdot 10^{-6}$
	0.15	$3.5 \cdot 10^{-7}$	1.00	$2.3 \cdot 10^{-4}$	16.8	$1.2 \cdot 10^{-6}$
4	0.15	$3.5 \cdot 10^{-7}$	0.80	$9.8 \cdot 10^{-5}$	18.2	$4.7 \cdot 10^{-6}$
	0.15	$3.5 \cdot 10^{-7}$	0.80	$1.2 \cdot 10^{-4}$	16.2	$4.7 \cdot 10^{-6}$
5	0.20	$2.4 \cdot 10^{-7}$	0.60	$1.9 \cdot 10^{-5}$	13.6	$1.8 \cdot 10^{-6}$
	0.20	$1.5 \cdot 10^{-7}$	0.60	$2.6 \cdot 10^{-4}$	—	—
6	0.10	$1.5 \cdot 10^{-7}$	0.60	$1.1 \cdot 10^{-5}$	17.0	$2.7 \cdot 10^{-6}$
	0.10	$1.5 \cdot 10^{-7}$	0.50	$4.4 \cdot 10^{-5}$	—	—
7	0.00	$1.7 \cdot 10^{-7}$	0.40	$5.2 \cdot 10^{-5}$	12.8	$8.0 \cdot 10^{-7}$
	0.00	$2.7 \cdot 10^{-7}$	0.40	$4.3 \cdot 10^{-5}$	12.4	$8.0 \cdot 10^{-7}$
8	0.05	$2.7 \cdot 10^{-7}$	0.40	$1.3 \cdot 10^{-5}$	11.8	$8.6 \cdot 10^{-7}$
	0.10	$2.1 \cdot 10^{-7}$	0.40	$5.5 \cdot 10^{-5}$	11.2	$1.2 \cdot 10^{-7}$
9	0.10	$1.7 \cdot 10^{-7}$	0.40	$2.0 \cdot 10^{-5}$	12.8	$1.5 \cdot 10^{-6}$
	0.10	$1.7 \cdot 10^{-7}$	0.40	$3.6 \cdot 10^{-5}$	—	—
10	0.20	$3.8 \cdot 10^{-7}$	1.60	$7.0 \cdot 10^{-4}$	13.2	$2.5 \cdot 10^{-6}$
	0.20	$3.5 \cdot 10^{-7}$	1.40	$5.5 \cdot 10^{-4}$	—	—

Gegensatz zu den Proben des Torfstiches überall ein gewisser Verbrauch von Natronlauge zur Neutralisation erforderlich ist, mit alleiniger Ausnahme von Nr. 7, wo gleich auf den ersten Tropfen hin der Farbenumschlag erfolgte, und dass ferner die Wasserstoffzahlen innerhalb der nämlichen Grenzen schwanken wie bei den Torfstichproben. Worauf hier bei den Proben des Düngungsversuches der Laugeverbrauch beruht, ist mit Sicherheit nicht anzugeben. Ein Verbrauch von 0.2 ccm 0.1-normaler Natron-

lauge entspricht bei vollkommener Dissoziation der titrierten Säure bereits einer Wasserstoffionenkonzentration von $2 \cdot 10^{-4}$ Gramm-Ion im Liter; bei den niedrigen Wasserstoffzahlen unserer Auszüge kommen demnach stärkere anorganische Säuren als Ursachen der Azidität jedenfalls nicht in Frage. Es könnte sich hierbei also nur um Kohlensäure oder schwache organische Säuren handeln. Da aber die hier geprüften Böden sämtlich von der Oberfläche stammen und infolgedessen fraglos auch noch lebende Pflanzen und Mikroorganismen enthalten haben, so möchten wir es für wahrscheinlich halten, dass eine geringe Menge Kohlensäure Ursache der Azidität dieser Wasserauszüge ist. Mehr

Tabelle IV.

Nummer	Leitfähigkeiten der Wasser- Auszüge	Abdampf- rückstand der Lösungen mg	Glüh- rückstand der Lösungen mg	Gehalt an orga- nischer Substanz mg	Trocken- substanz	Asche
					der Moorproben	
					%	%
1	$1.9 \cdot 10^{-5}$	10.4	4.6	5.8	34.05	2.56
2	$4.9 \cdot 10^{-5}$	10.8	4.4	6.8	31.06	2.12
3	$5.1 \cdot 10^{-5}$	10.6	3.0	7.6	30.40	2.29
4	$5.8 \cdot 10^{-4}$	10.6	3.1	7.5	34.72	3.22
5	$8.6 \cdot 10^{-5}$	10.5	4.1	6.4	31.47	2.48
6	$6.6 \cdot 10^{-5}$	9.7	5.5	4.2	32.51	2.99
7	$4.6 \cdot 10^{-5}$	9.8	4.4	5.4	25.47	2.37
8	$4.1 \cdot 10^{-5}$	10.2	4.5	5.7	24.76	3.57
9	$4.5 \cdot 10^{-5}$	10.2	3.2	7.0	24.97	2.51
10	$8.8 \cdot 10^{-5}$	11.8	6.0	5.8	17.01	1.19

lässt sich hier über die schwache Azidität der Extrakte nicht sagen; bei späteren Arbeiten soll auf die Möglichkeit der Beteiligung der Kohlensäure hieran genauer geachtet werden.

Was dann den Einfluss der Düngung auf die Azidität der wässerigen Auszüge angeht, so lässt sich auch hierfür aus unseren Zahlen nicht viel entnehmen; gleichwohl kann man vielleicht eine Andeutung eines Einflusses der Düngung in der Tatsache erblicken, dass unter den Wasserstoffzahlen der drei nicht mit Kalk gedüngten Parzellen die höchsten Werte sich befinden, dass aber die mit Kalk gedüngten Parzellen 4—6 und besonders 7—9 einen dagegen etwas geringeren Durchschnittswert für die Wasserstoffzahlen ergeben.

Ganz unverkennbar tritt dann aber der Einfluss der Düngung bei den Auszügen der Moorproben mit Kaliumchloridlösung in die Erscheinung. Gegenüber den wässerigen Auszügen zeigen hier natürlich sowohl die Titrationsaziditäten wie auch die Wasserstoffzahlen eine bedeutende Steigerung, beide Werte fallen aber auch mit der Kalkdüngung ganz deutlich ab. Ferner unterscheiden sich hier auch noch die nicht mit Kalk gedüngten Parzellen 1—3 von dem unkultivierten Moorboden gleicher Herkunft Nr. 10; bei diesem Boden zeigen sowohl die Titrationsaziditäten wie auch die Wasserstoffzahlen die höchsten Werte. Nun lehren uns allerdings die in Tabelle IV zusammengestellten Zahlen, dass die Trockensubstanzgehalte der Proben nicht überall die gleichen waren. Für die Proben 1—6 sind die Verschiedenheiten aber doch so gering, dass sie keinen Einfluss auf die gemessenen Werte erlangen können, ganz besonders für die Wasserstoffzahlen auch deswegen nicht, weil diese ihrer wahrscheinlichen Ursache entsprechend — nämlich infolge ihrer Entstehung durch den Ionenaustausch — von den Konzentrationsverhältnissen nicht sehr stark beeinflusst werden. Nur bei den Proben 7—9 könnte man befürchten, dass bei ihnen das weitere Absinken der Titrationswerte vielleicht mit den geringeren Trockensubstanzgehalten in Verbindung stünde. Aber hier ist unbedingt die Annahme erlaubt, dass die Abhängigkeit dieser Werte von dem Trockensubstanzgehalte höchstens im proportionalen Verhältnisse zum Trockensubstanzgewicht sich äussern könnte, und da würde dann statt der Titrationsazidität von 0.4 ccm 0.1-normaler Lauge eine solche von etwa 0.53 ccm bei Anwendung von 3.3 g Trockensubstanz gefunden werden können, so dass damit also doch noch ein deutlicher Einfluss der höheren Kalkmenge sich zu erkennen geben würde. Die Überlegenheit schliesslich, die das unkultivierte Moor gegenüber allen anderen sowohl hinsichtlich seiner Titrationsazidität wie auch seiner Wasserstoffzahl besitzt, wird natürlicherweise durch den geringeren Trockensubstanzgehalt garnicht berührt; höherer Trockensubstanzgehalt könnte die gefundenen Werte ja nur noch nach der sauren Seite hin verschieben.

Trotz der Verschiedenheiten in den Trockensubstanzgehalten der untersuchten Proben ist als doch mit aller Sicherheit aus den mitgeteilten Zahlen zu entnehmen, dass der Einfluss der Düngung mit Deutlichkeit in den Aziditätszahlen der Moorproben

bei der Kaliumchloridmethode zum Ausdruck kommt. Da nun die Kaliumchloridmethode uns doch im wesentlichen ein Maß für die Ionenaustauschazidität, also hauptsächlich für die Menge der im Moorboden in austauschfähiger Bindung enthaltenen Aluminiumionen abgeben dürfte, so muss ausgesagt werden, dass die Düngung auf diese Art der Azidität einen ganz einwandfrei festgestellten Einfluss äussert, dass sie sie nämlich zum Teil zum Verschwinden bringt. Von besonders starker Wirkung erweist sich in dieser Richtung offenbar die Kalkdüngung; aber auch die kalkfreie Düngung, wie sie auf den Parzellenproben 1, 2 und 3 zur Anwendung gelangt war, hat bedeutend in der gleichen Richtung gewirkt, wie die Zahlen für das unkultivierte Moor beweisen. Es ist aber auch ganz klar, dass das so sein muss, denn auch die Zufuhr von Düngesalzen allein muss, genau so wie die Behandlung des Moorbodens mit einer Kaliumchloridlösung, die Menge des im Boden enthaltenen austauschfähigen Aluminium und Eisens verringern und damit seine Austauschazidität herabsetzen.

Nicht ohne Interesse ist es vielleicht noch darauf hinzuweisen, dass sich der Einfluss der Kultivierung und Düngung nicht allein in der durch die Titrationswerte angegebene Gesamtmenge der Säure und in der Wasserstoffionenkonzentration der Auszüge äussert, sondern dass sich dieser Einfluss auch noch durch eine dritte Grösse, die aus diesen beiden zu berechnen ist, klar zum Ausdruck bringen lässt, nämlich durch den Dissoziationsgrad der in unseren Lösungen enthaltenen Säure. Man übersieht das am klarsten, wenn man den Anteil, der von dem gesamten durch die Titration ermittelten Säurewasserstoff in Ionenform vorhanden ist, in Prozentzahlen berechnet; es ergeben sich dabei die folgenden Werte:

Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
rund	15 %	16 %	11 %	15 %	3 %	2 %	13 %	3 %	4 %	43 %
	18 „	16 „	23 „	12 „	4 „	8 „	10 „	13 „	9 „	39 „

Bei Nr. 10 überragt hiernach der dissoziierte Anteil der vorhandenen Säure den der übrigen Lösungen fraglos ganz bedeutend, und auch die übrigen Zahlen erwecken trotz mancherlei Differenzen den Eindruck, dass auch noch die verschiedene Art der Düngung sich in einem Einfluss auf den Dissoziationsgrad äussert. Ohne Frage nähern sich übrigens die Zahlen der gekalkten Parzellen

schon ganz erheblich denjenigen, die man erwarten müsste, wenn Aluminiumchlorid der ausschlaggebende Faktor für die Azidität der Lösungen wäre.

Die beiden letzten Proben der Tabelle III zeigen dann wieder die Erscheinungen wie die Calciumazetatreihe der Torfstichproben, nämlich hohe Titrationsaziditäten und dabei ziemlich geringe Wasserstoffzahlen. Die Erklärung dafür ist schon an der angegebenen Stelle geliefert worden. Zum Einfluss der Düngung lässt sich leider aus den Zahlen dieser Reihe nicht viel ableiten. Einmal ist die Übereinstimmung zwischen den zusammengehörigen Werten für die Titration oft recht schlecht, was darauf zurückzuführen ist, dass für diese Bestimmungen zumeist nur geringe Flüssigkeitsmengen in Anwendung kamen und die Umrechnung auf 100 ccm die Fehler vergrößerte, dann fällt aber auch bei den Titrationszahlen dieser Reihe die Abhängigkeit vom Trockensubstanzgehalte viel stärker ins Gewicht, als bei den Kaliumchloridversuchen. Rechnet man nämlich die Zahlen der mit der stärksten Kalkdüngung versehenen Gruppe 7, 8 und 9 unter Annahme von Proportionalität von Trockensubstanz und Wirkung auf die Calciumazetatlösung um auf die durchschnittliche Trockensubstanz der ersten sechs Proben, so verschwinden die Unterschiede in den Titrationswerten so gut wie ganz. Man müsste daher eher aus dieser Versuchsreihe die Folgerung ableiten, dass die Kultivierung und Düngung auf die Befähigung der Moorproben, sich mit Calciumazetat umzusetzen, keinen wesentlich verändernden Einfluss ausgeübt hat.

In Tabelle IV sind dann noch die Zahlen für die Leitfähigkeiten, die Abdampf- und Glührückstände und die sich daraus ergebenden Gehalte der wässerigen Lösungen an organischen Stoffen zusammengestellt. Auch hier ist darnach wieder eine nicht unbedeutende Leitfähigkeit der Auszüge festzustellen; die Zahlen dafür schwanken zwischen 1.9 und $8.8 \cdot 10^{-5}$, sind also nicht höher als bei den Torfstichproben, obgleich die Rückstandsbestimmungen etwas höher ausgefallen sind, als dort. Keine einzige dieser Zahlenreihen lässt übrigens einen Einfluss der Kultivierung und Düngung erkennen.

Fassen wir die Ergebnisse der beiden Rührversuche mit den Torfstichproben und den Proben vom Düngungsversuch zusammen, so kommen wir zur Aufstellung folgender Sätze:

1. Obgleich deutliche Leitfähigkeit und ein nicht unbedeutlicher Gehalt an organischen und anorganischen Stoffen in den wässerigen Auszügen vorhanden und bei einem Versuch auch sogar eine geringe Titrationsazidität festzustellen war, überschritten die Wasserstoffzahlen nur ganz unbedeutend den Neutralpunkt, so dass leicht wasserlösliche Säuren kaum in Spuren in dem untersuchten Material vorhanden gewesen sein können.

2. Die Behandlung mit Kaliumchloridlösung erwies die Befähigung aller Moorbodenproben zur „Neutralsalzzersetzung“. Die niedrigen Wasserstoffzahlen dieser Reihen deuten aber darauf hin, dass es sich bei dieser „Neutralsalzzersetzung“ nicht um die direkte Abspaltung freier Säure aus dem Neutralsalz, sondern wahrscheinlich nur um Ionenaustausch handeln kann. Die Azidität kann aber nicht allein auf der Bildung von Aluminiumchlorid beruhen, weil dafür die Wasserstoffzahlen zu hoch liegen.

3. Die Behandlung mit Kaliumchloridlösung bei den Proben vom Düngungsversuch liess sowohl durch die Titrationswerte wie auch die Wasserstoffzahlen deutlich erkennen, dass eine Beeinflussung der „Neutralsalzzersetzung“ sowohl durch die Kalkdüngung, als auch durch die kalkfreie Düngung stattgefunden hatte.

4. Die Versuche mit der Calciumazetatlösung gestatteten nicht, einen Einfluss der Düngung auf die Befähigung der Moorböden zur Calciumazetatzerersetzung nachzuweisen.

III. Sickerversuche mit den Torfstichproben und Proben vom Düngungsversuch.

In derselben Weise wie früher vom Referenten¹⁾ mit Kiefernrohhumus wurden nun auch mit dem Hochmoorrohhumus Sickerversuche angestellt. Flaschen, deren Boden abgesprengt und deren Hals mit einem durchbohrten und mit Glasrohr versehenen Stopfen verschlossen war, wurden mit dem Hals nach unten in Gestelle eingesetzt und dann mit 2000 g der verschiedenen Moorproben beschickt. Auf die Moorproben, die in den Gefässen eine Schicht von etwa 30 cm Höhe bildeten, wurden 2000 ccm Wasser gegeben. Hiervon liefen ungefähr 1000 ccm freiwillig beim Öffnen des Verschlusses im Halse der Flaschen ab; diese Menge wurde aufgefangen und ebensoviel, wie an

¹⁾ KAPPEN, Die landw. Versuchs-Stationen Bd. 89, S. 39.

Lösung abgelaufen war, wurde an frischem, ausgekochten destillierten Wasser wieder auf den Boden in den Flaschen aufgegossen. Vor dem Ablaufenlassen der Lösungen blieben die Böden jedesmal 2 Tage lang in Berührung mit dem Wasser stehen. Mit Wasser wurden diese Versuche in zweitägigen Abständen dreimal durchgeführt; dann wurde an Stelle des Wassers normale Kaliumchloridlösung zum weiteren Sickersen benutzt und auch damit in zweitägigen Abständen dreimal Sickerlösungen gewonnen und untersucht. Die Untersuchung der Sickerlösungen erstreckte sich in beiden Reihen auf die Bestimmung der Titrationsazidität und der Wasserstoffzahl; in der Reihe mit Wasser wurden ausserdem auch noch die Abdampf- und Glührückstände und die Leitfähigkeit bestimmt. Herangezogen wurden von den Moorbodenproben alle sechs Proben vom Torfstich, ferner die drei Proben mit der höchsten Kalkdüngung vom Düngungsversuch und die Probe vom nicht kultivierten Hochmoor. Des Vergleiches mit den früheren Befunden des Referenten an Kiefernrohhumus wegen wurden auch noch zwei Gefässe mit diesem Kiefernrohhumus in die Versuche einbezogen. Mit den übrigen Proben wurde jedesmal nur ein Gefäss angesetzt, so dass im ganzen zwölf Gefässe sich ergaben. Die Tabellen V und VI enthalten die Zusammenstellung der bei diesen Versuchen erzielten Ergebnisse; Nr. 1 und 2 in der Tabelle sind die Kiefernrohhumusproben, Nr. 3—8 die Torfstichproben, Nr. 9—11 die Proben vom Düngungsversuch, Nr. 12 endlich ist die Probe vom unkultivierten Moor.

(Siehe die Tabelle V auf S. 341.)

Ein Überblick über die Zahlen der Tabelle V lehrt uns, dass die veränderten Versuchsbedingungen auch erhebliche Veränderungen in den Ergebnissen zur Folge gehabt haben. Während bei den Ausrührversuchen sich entweder gar keine oder nur äusserst geringe Titrationsaziditäten und kaum den Neutralpunkt nach der sauren Seite hin überschreitende Wasserstoffzahlen ergeben, erreichen hier bei dem Sickerversuche beide Werte zum Teil sogar bedeutende Grössen. Vergleicht man dann zunächst die Titrationsaziditäten etwas näher untereinander, so sieht man, dass sie bei Nr. 8, dem Untergrundsande unter dem Torf, eine geradezu überraschende Höhe aufweist. Auf den Untergrundsand folgt der Kiefernrohhumus; die beiden Gefässe, die hiervon

Tabelle V.

Nr.	Sickerversuch mit destilliertem Wasser										
	NaOH — 10			Wasserstoffzahlen			Vom Gesamt-Säurewasserstoff sind dissoziiert			Leitfähigkeit von	
	auf 100 ccm										
	1. Ablauf ccm	2. Ablauf ccm	3. Ablauf ccm	1. Ablauf	2. Ablauf	3. Ablauf	1. Ablauf %	2. Ablauf %	3. Ablauf %	Ablauf 1	
1	2.8	2.4	2.0	9.9.10 ⁻⁵	6.3.10 ⁻⁵	9.3.10 ⁻⁴	3.5	2.6	4.6	1.69.10 ⁻⁴	
2	3.2	2.4	2.0	1.7.10 ⁻⁴	8.6.10 ⁻⁵	1.0.10 ⁻⁴	5.3	3.5	5.0	1.68.10 ⁻⁴	
3	0.9	1.0	1.0	6.3.10 ⁻⁴	5.9.10 ⁻⁴	8.8.10 ⁻⁴	70.0	59.0	88.0	4.83.10 ⁻⁴	
4	1.0	1.0	—	1.0.10 ⁻³	8.5.10 ⁻⁴	—	100.0	85.0	—	1.90.10 ⁻⁴	
5	0.9	0.8	1.0	6.3.10 ⁻⁴	5.1.10 ⁻⁴	8.1.10 ⁻⁴	70.0	63.7	81.0	9.60.10 ⁻⁴	
6	0.6	0.7	0.5	1.8.10 ⁻⁴	1.4.10 ⁻⁴	1.8.10 ⁻⁴	30.0	20.0	36.0	4.63.10 ⁻⁴	
7	0.5	0.5	0.6	1.4.10 ⁻⁴	1.5.10 ⁻⁴	1.6.10 ⁻⁴	28.0	30.0	26.6	3.67.10 ⁻⁴	
8	10.0	4.0	1.6	2.7.10 ⁻⁴	1.7.10 ⁻⁴	1.5.10 ⁻⁴	2.7	4.2	9.3	5.58.10 ⁻³	
9	1.5	1.4	1.4	5.0.10 ⁻⁵	6.3.10 ⁻⁵	6.7.10 ⁻⁵	3.3	4.5	4.8	6.58.10 ⁻⁴	
10	1.3	1.4	1.4	3.9.10 ⁻⁵	4.2.10 ⁻⁵	4.9.10 ⁻⁵	3.0	3.0	3.5	5.39.10 ⁻⁴	
11	1.4	1.6	1.7	5.0.10 ⁻⁵	6.8.10 ⁻⁵	8.5.10 ⁻⁵	3.5	4.2	5.0	6.07.10 ⁻⁴	
12	2.6	1.8	1.2	4.6.10 ⁻⁴	4.4.10 ⁻⁴	3.9.10 ⁻⁴	17.6	24.4	32.5	1.72.10 ⁻³	

angesetzt waren, weisen eine befriedigende Übereinstimmung auf. Dann kommt das unkultivierte Moor und hierauf merkwürdigerweise die Proben vom Düngungsversuch, daran schliessen sich die Torfstichproben an. Eine bestimmte Erklärung für diese Reihenfolge zu geben ist natürlich noch ganz unmöglich. Zwar könnte man, wenn man die Zahlen für die Gehalte an organischer Substanz, die in Tabelle VI aufgeführt sind, mit den Titrationswerten vergleicht, zunächst anzunehmen geneigt sein, dass ein Zusammenhang zwischen dem Gehalt der Lösungen an organischen Stoffen und den Titrationswerten bestünde. Es zeigt nämlich die Lösung von Probe 8 mit der höchsten Titrationsazidität auch den höchsten Gehalt an organischer Substanz, ihr folgt die Lösung vom Kiefernrohhumus, dann das unkultivierte Moor, und die Gehalte der Torfstichproben an organischer Substanz sind die kleinsten. Aber die Unterschiede bei den Stichproben und den Proben vom Düngungsversuch verwischen sich schon wieder derart, dass von einer einfachen Abhängigkeit beider Werte voneinander nicht die Rede sein kann. Bei Probe 8 stellte sich aber auch noch ein anderes Hindernis ein, das eine solche Deutung unmöglich machte; hier trat beim Neutralisieren der Lösung ein Niederschlag von Aluminiumhydroxyd auf, ein Befund, der bewies, dass hier zu mindestens auch schon Aluminiumsalze an der Azidität die Schuld trugen.

Dass aber auch schwere Bedenken, Humussäuren als Ursache der Azidität der Lösungen anzunehmen, bei einem grossen Teil der anderen untersuchten Proben mehr als berechtigt sind, das beweisen die drei nächsten Reihen der Tabelle mit den Wasserstoffzahlen der Abläufe. Zunächst zeigen diese Zahlen einwandfrei, dass in allen Lösungen auch Wasserstoffionen enthalten sind. Die niedrigste der gemessenen Wasserstoffzahlen 3.9.10⁻⁵, übertrifft die Wasserstoffionenkonzentration des reinen Wassers noch um das 390fache, die höchste, 1.10⁻³, um das 10000fache. Ein Teil der Natronlauge ist also ohne Frage beim Titrieren durch wirkliche Säuren neutralisiert worden. Weiter ist dann aber die Reihenfolge der Wasserstoffzahlen, also der wahren Aziditäten, eine ganz andere, als die der Titrationsaziditäten. Durch sehr niedrige Wasserstoffzahlen zeichnen sich die Proben vom Düngungsversuch aus, etwas höher liegen die Wasserstoffzahlen der Kiefernrohhumusauszüge, ihnen schliessen sich die Proben 4 und 5 vom Torfstich an, auf diese folgt der Unter-

grundsand, dann das unkultivierte Moor und endlich die Torfstichproben 1, 2 und 3. Diese Inkongruenz zwischen Titrations- und wahren Aziditäten zeigt nun mit Gewissheit an, dass es sich in den Lösungen nicht um einen einheitlichen sauren Stoff, sondern nur um saure Stoffe mit verschiedenen Eigenschaften handeln kann. Am besten vermitteln uns diese Tatsache die letzten drei Reihen der Tabelle, in denen der prozentische Anteil der Wasserstoffionen an dem durch die Titration ermittelten Gesamtsäurewasserstoff angegeben ist. Man erkennt aus diesen Zahlen, dass der Anteil des Säurewasserstoffs, der in Ionenform in den Lösungen enthalten ist, beim Kiefernrohhumus und bei den Moorproben vom Düngungsversuch sehr klein, dass er beim Untergrundsande vom Torfstich bereits etwas grösser ist, dass er dann beim unkultivierten Hochmoorboden ansteigt und bei den Torfstichproben ganz bedeutende Werte erreicht. Bei der Torfstichprobe 2 beläuft sich der dissoziierte Anteil in einem Falle sogar auf 100 %. Hier hatte die Berührung des dem Moore zugesetzten Wassers doppelt so lange gedauert, als bei den übrigen Proben, weil beim ersten Ablaufenlassen der Lösungen hier infolge Verstopfung des Abflussrohres eine Verzögerung eingetreten war; es ist vielleicht infolgedessen der hier gefundene höchste Wert durch diese längere Berührung des Torfes mit dem Wasser herbeigeführt. Jedenfalls beweisen nun aber diese Proben mit dem hohen dissoziierten Anteil des Säurewasserstoffs, dass es sich bei ihnen nicht um schwache organische Säuren, also auch nicht um Humussäuren bei ihrer Azidität handeln kann, sondern dass dafür starke anorganische Säuren verantwortlich gemacht werden müssen. Und da liegt nun die grösste Wahrscheinlichkeit dafür vor, dass es sich um freie Schwefelsäure handelt. Eine starke Stütze findet diese Annahme in den Ergebnissen von Untersuchungen, die W. THÖRNER kürzlich über den Schwefelgehalt der Moorböden veröffentlicht hat.¹⁾ THÖRNER weist darauf hin, dass sich der Schwefel in den Moorböden in verschiedenen Formen vorfindet, nämlich in der Form von Calcium- und Magnesiumsulfat und ferner in der Form des sogenannten reaktionsfähigen Schwefels. Dieser reaktionsfähige Schwefel kann sich wieder als Schwefelkies, dann aber auch als elementarer Schwefel und schliesslich auch noch in organischer

¹⁾ W. THÖRNER, Zeitschr. f. ang. Chemie, Jahrg. 29, Nr. 47, S. 233.

Bindung im Moorboden befinden. Aus den Formen des reaktionsfähigen Schwefels bildet sich nun, wie THÖRNER durch analytische Untersuchungen feststellte, unter dem Einfluss des Luft-sauerstoffs, vielleicht zum Teil auch unter Mitwirkung von schwefeloxydierenden Bakterien, Schwefelsäure, und zwar ziemlich schnell, wie schon bekannt, aus dem Schwefelkies langsamer, aber in sicher nachgewiesenen Mengen, auch aus dem elementaren Schwefel und dem organisch gebundenen. Ganz fraglos lagen nun bei unseren Sickersversuchen Verhältnisse vor, die der Oxydation der Schwefelverbindung der Moorproben nicht ungünstig waren, und es ist daher auch sehr gut möglich, dass die starke Säure, die bei den Torfstichproben 1, 2 und 3 auftritt, Schwefelsäure ist.

Bei den beiden Torfstichproben 4 und 5 nimmt nun zwar der dissoziierte Anteil der Säure wesentlich ab und man könnte daher hier an die Teilnahme anderer weniger dissoziierter Säuren an den Aziditätserscheinungen denken. Mehr Wahrscheinlichkeit hat aber wohl die Annahme, dass es hier bereits, gerade so wie beim Untergrundsande, sich um die Mitwirkung von hydrolytisch gespaltenen Salzen und zwar Aluminiumsalzen handelt. Aufklärung über diese Möglichkeiten können erst später anzustellende besondere Arbeiten erbringen.

Was dann schliesslich die Ursache der Aziditätserscheinungen bei den übrigen Proben ist, lässt sich ebenfalls noch nicht mit Bestimmtheit sagen. Beim unkultivierten Moor stossen wir auf die gleichen Erscheinungen wie beim Untergrundsande, dass die Titrationsaziditäten bei den verschiedenen Abläufen stark abnehmen, ohne dass die Wasserstoffzahlen davon erheblich in Mitleiden-schaft gezogen würden. Die Folge davon ist ein deutliches Ansteigen der Prozentzahlen für den in Ionen zerfallenen Säure-wasserstoff. In beiden Fällen möchte man wohl nun an eine wesentliche Rolle der organischen Stoffe der Lösungen für diese Erscheinung denken, wenn man die Gehalte der verschiedenen Abläufe an organischer Substanz in Tabelle VI miteinander vergleicht. Es tritt mit abfallender Titrationsazidität ein deutliches Abfallen der organischen Substanz ein, aber bei beiden Proben auch ein ebenso deutliches Sinken des Glührückstandes.

Dass auch diese aus verschiedenen Salzen bestehenden anorganischen Stoffe des Glührückstandes für die gefundenen Aziditätszahlen eine gewisse Bedeutung besitzen können, kann

nicht bestritten werden, wenn man daran denkt, dass der Moorboden die Fähigkeit zur Neutralsalzzersetzung oder besser gesagt zum Ionenaustausch besitzt. Wie für die Lösungen aus dem Untergrundsande sich analytisch mit Sicherheit nachweisen liess, dass hier, wahrscheinlich durch Ionenaustausch in der Lösung entstandene, Aluminiumsalze eine Rolle bei der Azidität der Lösung spielen müssen, so wird man auch die Möglichkeit der Einwirkung der Elektrolyte im anderen Falle nicht einfach bestreiten können.

Eine Abnahme der Titrationsaziditäten, ohne dass der Dissoziationsgrad erkennbar davon beeinflusst würde, beobachtet man dann wieder bei den verschiedenen Abläufen von den Rohhumusproben. Die Wasserstoffzahlen gehören hier mit zu den niedrigsten der ganzen Versuchsreihe; dabei war der Gehalt an organischen Stoffen nächst Probe 8 der höchste, der Gehalt an anorganischen Stoffen von allen Proben der niedrigste. Der Kiefernrohhumus war übrigens auch die einzige von allen Proben, die gleich von Anfang an einen braun gefärbten Auszug lieferte, während alle anderen nur gelblich gefärbt waren. Für die Auszüge aus diesem Kiefernrohhumus war früher¹⁾ angenommen worden, dass sie eine kolloidale, braun gefärbte Säure organischer Natur enthielten. Ausschlaggebend für diese Annahme war neben den eingehend untersuchten Aziditätserscheinungen, die diese Auszüge zeigten, die Tatsache, dass sich durch Adsorptionsmittel mit der färbenden organischen Substanz auch eben diese Aziditätserscheinungen entfernen liessen. An dieser Auffassung muss vom Referenten auch jetzt noch festgehalten werden, wenn sich auch durch die Untersuchungen an den Moorproben mehr und mehr die Bedeutung, die andere Eigenschaften der Rohhumusablagerungen für die Aziditätsfrage offenbar besitzen können, in den Vordergrund der Betrachtung drängen. So eingehende Untersuchungen wie damals bei den Auszügen am Kiefernrohhumus konnten im Rahmen der vorliegenden Arbeit, die zunächst hauptsächlich eine Vorstellung von dem Aziditätsgrade von Torfmoorauszügen vermitteln sollte, nicht angestellt werden; die Behandlung dieser wie auch mancher anderen im Laufe der Arbeit aufgetretenen Einzelfragen muss daher auf spätere Zeit verschoben werden.

¹⁾ KAPPEN, Die landw. Versuchs-Stationen Bd. 89, S. 39.

Hier bleibt aber noch schliesslich zu den Proben vom Düngungsversuch einiges zu sagen. Die Lösungen, die aus diesen Proben abflossen, zeichnen sich, wie schon gesagt, durch die niedrigsten Wasserstoffzahlen aus, und da das mit grösster Regelmässigkeit der Fall ist, und die Unterschiede auch gegen die nicht kultivierten Proben recht erheblich sind, so kann kein Zweifel darüber bestehen, dass die Kultivierungsmassnahmen und unter diesen wohl hauptsächlich die Düngungsmassnahmen es sind, die die Herabsetzung der Azidität bewirkt haben. Im Gegensatz zu den Versuchsbedingungen des Ausrührversuches kommt also der Einfluss der Düngung unter den Bedingungen des Sickerversuches auch bei den rein wässerigen Auszügen zur Geltung. Gegenüber dem gleichartigen nicht kultivierten Moor sind hier bei den kultivierten Proben auch die Titrationsaziditäten beim ersten Auszug kleiner, bleiben dann aber merkwürdigerweise bei den weiteren Auszügen ziemlich unverändert und sind infolgedessen beim dritten Auszug höher als beim entsprechenden Auszuge des nicht kultivierten Moores. Weder hierfür, noch für die wahren Ursachen der Azidität dieser Auszüge kann aus unseren Zahlen eine Erklärung abgeleitet werden; möglicherweise spielt bei diesen in Kultur stehenden und infolgedessen mit noch lebendem und in Zersetzung begriffenem Wurzelwerk der Kulturpflanzen, dann aber auch noch von Pilzen, Bakterien und Algen durchsetzten Bodenproben schon wieder die Kohlensäure eine Rolle.

Tabelle VI.

In 100 ccm	Ablauf	1	2	3	4	5	6
		g	g	g	g	g	g
Organische Substanz	1	0.0880	0.0823	0.0176	0.0146	0.0250	0.0182
Glührückstand	1	0.0097	0.0095	0.0152	0.0211	0.0390	0.0210
Organische Substanz	2	0.0715	0.0680	0.0162	0.0172	0.0278	0.0191
Glührückstand	2	0.0120	0.0125	0.0133	0.0100	0.0432	0.0237
Organische Substanz	3	0.0667	0.0601	0.0123	—	0.0209	0.0209
Glührückstand	3	0.0090	0.0104	0.0149	—	0.0414	0.0193

In 100 ccm	Ablauf	7	8	9	10	11	12
		g	g	g	g	g	g
Organische Substanz	1	0.0173	0.2154	0.0211	0.0200	0.0289	0.0455
Glührückstand	1	0.0155	0.7690	0.0293	0.0301	0.0252	0.0735
Organische Substanz	2	0.0206	0.0524	0.0229	0.0229	0.0302	0.0409
Glührückstand	2	0.0184	0.3795	0.0320	0.0263	0.0370	0.0615
Organische Substanz	3	0.0184	0.0504	0.0225	0.0294	0.0252	0.0284
Glührückstand	3	0.0121	0.1662	0.0260	0.0198	0.0315	0.0400

Nachdem nun die Moorbodenproben dreimal mit den im vorstehenden besprochenen Ergebnis von Wasser durchsickert waren, wurde zu vier weiteren Sickerversuchen an Stelle des Wassers eine normale Kaliumchloridlösung benutzt. Die Untersuchung der hiermit erhaltenen Abläufe, die durchgehends fast farblos, höchstens etwas gelblich gefärbt waren, wurde auf die Bestimmung der Titrationsazidität und der Wasserstoffzahlen beschränkt, im letzten vierten Ablauf wurden dann noch quantitativ die Sesquioxide bestimmt. Tabelle VII enthält die bei diesem Versuche gewonnenen Zahlen.

(Siehe die Tabelle VII auf S. 348.)

Die Titrationszahlen zeigen, dass ein zum Teil bedeutendes Ansteigen der auf 100 ccm verbrauchten Natronlauge eingetreten ist gegenüber den letzten Zahlen bei den Sickerversuchen mit Wasser, die dem Vergleiche zugrunde zu legen sind. Besonders stark tritt dieses Ansteigen bei den beiden Oberflächenproben von unkultiviertem Moor Nr. 3 und 12 und dem Untergrundsand in die Erscheinung, bei denen die Titrationsazidität sechs- bis siebenmal so gross ist, in viel geringerem Grade bei den Untergrundsproben vom Torfstich und den gedüngten Oberflächenböden, wo die Titrationsazidität nur zwei- bis viermal so gross ist, wie die der Auszüge mit Wasser. Als weitere Folge der Einwirkung der Kaliumchloridlösung sind dann auch wieder, wie die nächsten drei Kolumnen der Tabelle VII zeigen, die Wasserstoffzahlen gegenüber den beim Sicken mit Wasser enthaltenen gestiegen. Infolge der hohen Wasserstoffzahlen, die die wässrigen Auszüge hier bereits besaßen, ist diese Steigerung der Wasserstoffzahlen durch die Kaliumchloridbehandlung aber doch bei diesen Versuchen erheblich weniger auffallend, als bei den bereits besprochenen Rührversuchen. Da wir nun glauben, dass

Tabelle VII.

Siekerersuche mit Kaliumchloridlösung

Nr.	NaOH — 10 auf 100 ccm			Wasserstoffzahlen			Vom Gesamt-Säurewasserstoff sind dissoziiert		
	1. Ablauf ccm	2. Ablauf ccm	3. Ablauf ccm	1. Ablauf	2. Ablauf	3. Ablauf	1. Ablauf %	2. Ablauf %	3. Ablauf %
1	4.9	—	3.4	6.0 · 10 ⁻⁴	7.6 · 10 ⁻⁴	5.6 · 10 ⁻⁴	12.2	—	16.4
2	4.7	4.2	4.3	5.1 · 10 ⁻⁴	(1.0 · 10 ⁻³)	6.5 · 10 ⁻⁴	10.9	(23.7)	15.1
3	7.6	6.2	6.2	1.9 · 10 ⁻³	1.7 · 10 ⁻³	1.7 · 10 ⁻³	25.0	27.4	27.4
4	3.1	3.1	3.0	2.0 · 10 ⁻³	2.2 · 10 ⁻³	1.9 · 10 ⁻³	64.5	70.9	60.3
5	2.7	2.8	2.3	1.9 · 10 ⁻³	1.7 · 10 ⁻³	1.5 · 10 ⁻³	70.3	60.7	65.2
6	2.2	2.0	1.9	1.2 · 10 ⁻³	1.1 · 10 ⁻³	1.0 · 10 ⁻³	54.5	55.0	52.6
7	2.8	4.9	6.7	6.7 · 10 ⁻⁴	8.8 · 10 ⁻⁴	1.0 · 10 ⁻³	24.0	18.0	15.0
8	11.1	9.3	9.1	2.8 · 10 ⁻⁴	2.2 · 10 ⁻⁴	2.2 · 10 ⁻⁴	2.5	2.3	2.4
9	2.3	1.9	1.6	1.9 · 10 ⁻⁴	1.9 · 10 ⁻⁴	1.8 · 10 ⁻⁴	8.2	10.0	11.2
10	1.9	1.8	1.5	1.6 · 10 ⁻⁴	1.5 · 10 ⁻⁴	1.5 · 10 ⁻⁴	8.4	8.3	10.0
11	2.7	2.7	2.6	2.8 · 10 ⁻⁴	1.9 · 10 ⁻⁴	2.8 · 10 ⁻⁴	10.3	7.0	10.7
12	8.2	7.4	7.8	1.4 · 10 ⁻³	1.2 · 10 ⁻³	1.3 · 10 ⁻³	17.0	16.2	16.6

die Sickersversuche viel eher den natürlichen Verhältnissen angepasst sind, als jene Rührversuche — nach der Dränage der Moore muss sich die Einwirkung von Wasser und Luft auf das Moor in ganz ähnlicher Weise geltend machen, wie bei unseren Sickersversuchen —, so glauben wir auf Grund unserer Versuche die für die Praxis der Moorkultur vielleicht nicht ganz unwichtige Bemerkung hier machen zu dürfen, dass eine Düngung mit Mineralsalzen den Aziditätsgrad im Hochmoor nicht wesentlich zu steigern imstande sein wird. Durch sehr geringe Wasserstoffzahlen zeichnen sich übrigens auch hier bei der Kaliumchloridbehandlung die gekalkten Parzellen aus, wodurch von neuem der Einfluss des Kalkes auf die „Neutralsalzzersetzung“ belegt wird. Hervorzuheben wäre vielleicht schliesslich noch die Tatsache, dass der Untergrundsboden Nr. 8 die geringste Veränderung seiner Wasserstoffzahl erfahren hat, obgleich bei ihm die Steigerung der Titrationsazidität am grössten war. Dieses Verhalten weist darauf hin, dass bei diesem Boden die „Neutralsalzzersetzung“ ganz offenbar in der Hauptsache als Ionenaustausch zu deuten ist, was vielleicht noch deutlicher aus dem geringen Dissoziationsgrad dieser Lösung hervorgeht.

Diesen Dissoziationsgrad der sauren Stoffe in unseren Lösungen geben uns die Zahlen der letzten drei Kolumnen der Tabelle an. Es geht aus diesen Zahlen hervor, dass der Dissoziationsgrad unserer Lösungen hier bei der Kaliumchloridbehandlung der Proben, verglichen mit dem Dissoziationsgrade bei den Wasserauszügen, verschiedenartig beeinflusst ist. Wenig verändert ist er bei den Proben 5, 7, 8 und 12, gestiegen bei 1, 2, 6, 9, 10 und 11, geringer geworden bei 3 und 4. Abgesehen vom Untergrundssande Nr. 8 ist der Dissoziationsgrad wieder bei den kultivierten und gedüngten Proben 9, 10 und 11 am kleinsten. Im übrigen beweist wiederum der Dissoziationsgrad der in den Lösungen vorhandenen sauren Stoffe, dass eine einfache Entstehung von freier Salzsäure infolge der Einwirkung der Kaliumchloridlösung auf die Humusproben als Ursache der Azidität nicht in Frage kommt, dafür ist der Dissoziationsgrad durchweg zu klein. Die folgenden analytischen Bestimmungen an den beim vierten Durchsickernlassen erhaltenen Kaliumchloridlösungen zeigen dann auch, dass Aluminiumchlorid einen wesentlichen Anteil an der Bestimmung des Aziditätsgrades der Lösungen besitzt.

Bei diesen Versuchen wurden 500 ccm der Abläufe zunächst mit 0.1-normaler Natronlauge titriert, dann wurde der entstandene Niederschlag, der zumeist fast farblos, selten etwas bräunlich gefärbt war, also in der Hauptsache jedenfalls aus Aluminiumhydroxyd bestand, wieder in Salzsäure aufgelöst und nach Zusatz von Ammoniumchlorid aufs neue mit Ammoniak gefällt. Die bei diesen Bestimmungen erhaltenen Werte sind in Tabelle VIII zusammengestellt.

Tabelle VIII.

Numer	NaOH 10 auf 500 ccm	Al ₂ O ₃ gefunden	Al ₂ O ₃ berechnet	In Prozenten der berechneten Menge gefunden %
1	14.3	0.0338	0.0487	69.4
3	30.1	0.0368	0.1023	35.9
4	11.6	0.0058	0.0394	15.0
5	10.4	0.0020	0.0354	5.6
6	8.8	0.0061	0.0299	20.4
7	33.6	0.0549	0.1142	48.0
8	47.6	0.1000	0.1618	59.0
9	8.0	0.0095	0.0272	34.9
10	7.7	0.0125	0.0262	47.7
11	11.4	0.0179	0.0388	46.1
12	34.4	0.0460	0.1170	39.3

Aus diesen Zahlen ergibt sich, dass eine gewisse Menge von Aluminiumoxyd — die geringen Mengen Eisenoxyd wurden nicht davon getrennt — aus allen Lösungen ausgefällt werden konnte. Aber, wie vom Referenten auch schon früher bei Versuchen festgestellt wurde, blieben auch hier die ausgefallenen Mengen an Aluminiumoxyd zum Teil weit hinter den Werten zurück, die sich unter der Annahme eines äquivalenten Ionenaustausch zwischen der Kaliumchloridlösung und dem Rohhumus aus den Titrationswerten berechnen lassen. An diese so berechneten Werte zeigt, wie die beiden letzten Reihen erkennen lassen, noch die grösste Annäherung der auch früher schon vom Referenten benutzte Kiefernrohhumus, alle anderen Humusproben, ja auch sogar der Untergrundssand vom Torfstich stehen zum Teil sogar wie Probe 5 ganz ausserordentlich den berechneten Werten nach.

Für diesen bei Annahme eines Ionenaustausches zwischen Kaliumchloridlösung und Humusstoffen recht schlechten Anschluss der aus den Titrationszahlen berechneten Aluminiumoxydmengen an die wirklich gefundenen hat der Referent früher schon zwei mögliche Ursachen erwähnt.¹⁾ Es erschien ihm nämlich einmal nicht ausgeschlossen, dass infolge der Gegenwart von organischen Stoffen die Fällung des Aluminiumhydroxyds aus der Kaliumchloridlösung nicht vollständig gewesen sei, dann glaubte er auch, dass aus dem Rohhumus in Lösung gegangene Säuren die Unstimmigkeit zwischen Titrationsergebnis und Fällung des Aluminiumhydroxyds herbeiführen könnten. Eine Entscheidung zwischen diesen Möglichkeiten wurde bisher noch nicht getroffen, ja auf Grund der hier angeführten Messungen der Wasserstoffionenkonzentration müssen wir sogar noch, ohne zunächst nähere Aufklärung zu bringen, die Zahl der möglichen Deutungen erhöhen. Es kann nämlich die in Frage stehende Unstimmigkeit auch dadurch hervorgerufen werden, dass von dem durch Ionenaustausch in äquivalenten Mengen von Rohhumus an die Lösung abgegebenen Aluminium ein Teil als Hydroxyd von den Humusstoffen adsorbiert wird. Als Folge dieser Adsorption muss der Gehalt der Kaliumchloridlösung an fällbarem Aluminiumoxyd abnehmen und gleichzeitig muss die Wasserstoffionenkonzentration steigen, es werden also hierdurch gerade die Erscheinungen herbeigeführt, die wir bei unseren Lösungen beobachten. Für nicht völlig durch unsere Versuche bisher ausgeschlossen musste aber auch die Möglichkeit angesprochen werden, ob nicht doch noch bei dem Zustandekommen der Zersetzung der Kaliumchloridlösung eine echte Neutralsalzzersetzung stattfände und dass dann die dabei frei gewordene Salzsäure die Auflösung der nachgewiesenen Mengen von Aluminiumoxyd bewirke. Diese letzte Möglichkeit haben wir auch im Rahmen der vorliegenden Arbeit noch nachprüfen zu müssen geglaubt und haben dazu den folgenden Weg eingeschlagen.

50.0 g des grob zermahlenden Bodens 1 vom Torfstich wurden mit 200 ccm normaler Kaliumchloridlösung 2 Stunden lang unter Umrühren behandelt und 100 ccm der abgenutzten Lösung wurden mit 0.1-normaler Natronlauge titriert; dabei wurden verbraucht

¹⁾ Die landw. Versuchs-Stationen Bd. 89, S. 71.

1. 6.1 ccm 0.1-normaler Na(OH).
2. 6.0 " " "

Es entstand dabei wie immer ein kräftiger, etwas bräunlich gefärbter Niederschlag von hauptsächlich Aluminiumhydroxyd. Nimmt man nun an, dass die ganze in dem Natronlaugeverbrauch zum Ausdruck gekommene Säuremenge durch Neutralsalzzersetzung entstanden, also in freiem Zustande zunächst vorhanden gewesen sei, und dass diese freie Säure erst nachträglich dann die Tonerde zur Auflösung gebracht habe, so würde bei direkter Einwirkung einer gleichkonzentrierten Salzsäure ziemlich die gleiche Menge Tonerde aus dem Moorboden gelöst werden müssen. Um das zu prüfen, wurde auf 50 g des nämlichen Bodens in sonst ganz gleicher Weise eine Salzsäure zur Einwirkung gebracht, die 0.01-normal und somit bald noch einmal so stark war, als die Säure, die nach der obigen Darlegung durch die Neutralsalzzersetzung entstehen konnte. Bei zwei solchen Versuchen ergab sich nun, dass eine Säure von dieser Konzentration keine Spur von Tonerde oder Eisenoxyd aus dem Moorboden aufzulösen vermochte.

Diese Tatsache lässt es wohl berechtigt erscheinen, wenn wir sagen, dass auch beim Moorboden die Tonerde in die Kaliumchloridlösung nur durch Ionenaustausch hineingelangen kann. Wodurch dann das Fehlen der Äquivalenz zwischen verbrauchter Natronlauge und ausgefälltem Aluminiumoxyd beruht, das soll in einer besonderen Arbeit später näher untersucht werden. Am wahrscheinlichsten dünkt uns die Annahme, dass es die Adsorption des Aluminiumhydroxyds ist, die als Ursache dieses Verhaltens der Moorböden angesprochen werden muss; orientierende Versuche weisen bereits mit Deutlichkeit auf diese Ursache hin.

Zum Schluss wäre hier nun noch die Frage zu erörtern, ob aus den mitgeteilten Untersuchungsergebnissen etwas zur Frage nach der Existenz von Humussäuren im Moorboden hergeleitet werden kann. Darauf ist nun keine andere Antwort, als die zu geben, dass trotz des Nachweises, dass aus Moorboden wässrige Lösungen mit ganz beträchtlichen Wasserstoffzahlen gewonnen werden können, sich aus den vorliegenden Versuchen doch nichts für die Existenz von Humussäuren ergibt; denn wie oben schon dargelegt, sprechen unsere Versuche für die Anwesenheit starker Säuren und wahrscheinlich eben für die

Anwesenheit von Schwefelsäure in diesen sauren Auszügen. Allerdings muss aber auch betont werden, dass ebensowenig wie für die Existenz von wirklichen Humussäuren aus unseren Untersuchungen etwas gegen die Existenz der Humussäuren zu entnehmen ist. Vielleicht würden sich auf dem von uns eingeschlagenen Wege noch interessante Beiträge zur Humussäurefrage ergeben haben, wenn die Wasserbehandlung der Moorproben längere Zeit fortgesetzt worden wäre. Auch der letzte der mit Wasser gewonnenen Auszüge war ja nur wenig durch organische Stoffe gefärbt, was jedenfalls dem im Vergleich zum Kiefernrohhumus-extrakt, der sich ganz und gar anders verhält wie die Moorproben, recht hohen Elektrolytgehalt zuzuschreiben ist. Mit der Entfernung dieser Elektrolyte würden möglicher Weise erst die kolloiden Humussäuren in Lösung gegangen sein. Leider konnten die Versuche in dieser Richtung nicht ausgedehnt werden. Wir freuen uns deswegen, dass es uns auf einem anderen Wege doch noch gelang, einen Beitrag zur Humussäurefrage zu liefern, der uns des weiteren Ausbaues wert zu sein scheint. Wir kamen dazu auf die folgende Weise

Da einmal erkannt war, dass das Verhalten der Rohhumus-stoffe gegen Kaliumchloridlösungen und gegen Calciumazetat-lösungen als ursächlich verschieden betrachtet werden konnte, — die Wirkung gegen Kaliumchlorid lässt sich nach unserer Meinung eindeutig als Ionenaustausch gegen die noch nicht einwandfrei aufgeklärte Wirkung auf Calciumazetat unterscheiden — so lag die Möglichkeit nahe, beide Erscheinungen voneinander zu trennen, indem man eine Moorprobe fortgesetzt mit Kaliumchloridlösung behandelte, bis keine Umsetzung mehr damit eintrat. Zur Ausführung dieses Versuches wurde ein Teil der Probe 1 vom Torfstich in lufttrockenem Zustande feingemahlen — um die Reaktion mit dem Kaliumchlorid zu beschleunigen — und viermal je 100 g davon wurden in Bechergläsern mit 400 ccm normaler Kaliumchloridlösung behandelt. Nach mehrstündiger Berührung unter häufigem Umrühren wurde die Lösung mit Hilfe der Wasserstrahlpumpe abgenutscht und der Rückstand zur Wiederholung der Kaliumchloridbehandlung möglichst quantitativ — ein kleiner Verlust war natürlich unvermeidlich — in die Bechergläser zurückgeführt. Die abgenutschte Lösung wurde gemessen und dann mit 0.1-normaler Natronlauge titriert. Bei der so 17 mal durchgeführten Behandlung ergaben sich die folgenden Titrationswerte.

Tabelle IX.

Anzahl der Versuche	Probe 1		Probe 2		Probe 3		Probe 4	
	Menge der Lösung	0.1-n. NaOH ccm	Menge der Lösung	0.1-n. NaOH ccm	Menge der Lösung	0.1-n. NaOH ccm	Menge der Lösung	0.1-n. NaOH ccm
1	380	24.10	340	13.80	370	23.20	335	15.80
2	300	9.20	355	16.20	425	17.75	440	18.85
3	475	13.35	425	12.10	370	12.20	430	10.20
4	410	8.30	395	8.80	420	9.00	400	8.80
5	435	7.90	395	7.50	410	7.60	395	7.10
6	385	5.70	435	6.70	405	6.10	385	5.90
7	405	5.60	410	6.10	420	5.80	425	5.80
8	405	5.15	385	5.05	395	5.15	420	5.35
9	405	4.60	400	4.70	425	5.00	375	4.50
10	400	4.00	400	4.00	395	4.00	430	4.20
11×	410	3.90	360	4.30	420	4.40	395	4.20
12×	380	3.60	410	3.90	395	3.80	400	3.90
13×	425	3.20	380	3.10	395	3.10	405	3.40
14×	390	3.60	400	3.00	410	3.30	400	3.00
15	395	3.20	375	3.30	395	3.40	385	3.35
16	400	3.00	400	3.10	405	3.00	395	3.00
17	385	2.80	400	2.80	405	2.80	400	2.80
Summe:	6785	111.25	6565	108.45	6860	119.60	6815	110.15

Trotz der wahrscheinlich auf ungleiche Zerteilung der Proben oder ungleiches Rühren zurückzuführenden anfänglichen Verschiedenheit der Titrationswerte erkennt man, dass die Reaktion mit dem Kaliumchlorid zunächst stark, dann immer langsamer abnimmt, aber auch nach 17maliger Wiederholung noch nicht verschwunden ist; 100 ccm verbrauchten beim letzten Versuch immer noch 0.7 ccm 0.1-normale Natronlauge. Da eine Durchführung des Versuches bis zur nicht mehr nachweisbaren Reaktion des Kaliumchlorids noch eine sehr häufige Wiederholung notwendig gemacht hätte, so wurde der Versuch hier abgebrochen. Von Wichtigkeit zu vermerken war bei dem Versuch, dass bereits bei der zehnten Wiederholung keine Abscheidung von Aluminiumhydroxyd beim Titrieren mehr zu beobachten war und dass auch eine Erhöhung der Konzentration des Kaliumchlorids auf das Zweifache (Nr. 11 und 12), ja sogar bis zur Sättigung bei Zimmertemperatur (Nr. 13 und 14) sowohl hieran wie an dem ganzen Verlauf der Reaktion nichts mehr änderte. Die Wasserstoffzahl

wurde in den Lösungen zu Anfang, bei Nr. 11 und bei Nr. 17 gemessen; es wurden folgende Werte dafür gefunden:

	Nr. 1	Nr. 11	Nr. 17
1.	$2.5 \cdot 10^{-3}$	$6.8 \cdot 10^{-4}$	$6.8 \cdot 10^{-4}$
2.	$2.6 \cdot 10^{-3}$	$6.8 \cdot 10^{-4}$	$6.5 \cdot 10^{-4}$

Von dem durch Titration bestimmten Gesamt-Säurewasserstoff waren also in Ionenform vorhanden unter Zugrundlegung der Titrationsaziditäten für 100 ccm von 6.3 ccm 0.1-normaler Natronlauge für Nr. 1, von 0.95 für Nr. 11 und von 0.7 für Nr. 17:

Nr. 1	Nr. 11	Nr. 17
39 %	72 %	95 %

In Übereinstimmung mit dem Verschwinden des Aluminiumhydroxyds aus den Kaliumchloridlösungen ist also hier eine erhebliche Steigerung des Dissoziationsgrades festzustellen, ein Verhalten, das an die Möglichkeit einer echten Neutralsalzzersetzung gemahnen würde, wenn wir diese nicht bereits durch den Versuch mit freier Salzsäure für ziemlich ausgeschlossen halten müssten. Wie schon früher die Unstimmigkeit zwischen den Titrationswerten der Kaliumchloridlösungen und ihrem Gehalte an Aluminiumhydroxyd, glauben wir daher auch hier folgerichtig für die Steigerung des Dissoziationsgrades die Adsorption des durch Ionenaustausch entstandenen Aluminiumhydroxyds für dieses Verhalten verantwortlich machen zu sollen.

Nach Abbruch der Kaliumchloridbehandlung wurden nun zur Entfernung des Kaliumchlorids die vier Moorbodenproben in gleicher Weise mit destilliertem Wasser behandelt. Dabei begannen die vorher völlig farblosen Flüssigkeiten sich bereits bei der zweiten Wasserbehandlung bräunlich zu färben und bei der dritten Wasserbehandlung waren die Flüssigkeiten durch in Lösung gegangene Humusstoffe schon tief dunkelbraun gefärbt. 50 ccm dieser Lösungen verbrauchten jetzt mit 200 ccm ausgekochtem Wasser verdünnt bei Anwendung von Phenolphthalein als Indikator 0.2 ccm 0.1-normaler Natronlauge, eine Menge, die auch bei den weiteren Auszügen konstant blieb. Gegen empfindliches Lackmuspapier erwiesen sich aber diese Lösungen nicht mehr als sauer, und die Messung der Wasserstoffzahlen ergab bei dem dritten bis sechsten Auszug die folgenden Werte:

Tabelle X.

Auszug	Nr. 1	Nr. 2
3	$6.6 \cdot 10^{-7}$	$1.3 \cdot 10^{-6}$
4	$1.2 \cdot 10^{-7}$	$1.5 \cdot 10^{-7}$
5	$1.5 \cdot 10^{-7}$	$1.5 \cdot 10^{-7}$
6	$1.6 \cdot 10^{-7}$	$1.3 \cdot 10^{-7}$

Trotz der starken Färbung der Lösungen durch braune Humusstoffe war also die Reaktion der Lösungen von den drei letzten Auszügen so gut wie neutral; bemerkenswerte Mengen von Wasserstoffionen waren nicht mehr vorhanden.

Der ungelöste Rückstand zweier Proben wurde nun durch Abpressen von Lösung möglichst befreit und darauf durch Ausbreiten an der Luft getrocknet. Dann wurden 50 g der Proben mit 200 ccm Calciumazetatlösung behandelt und 100 ccm der abfiltrierten Lösung wurden mit 0.1-normaler Natronlauge titriert. Zum Vergleich wurden in der nämlichen Weise 50 g der ursprünglichen nicht mit Kaliumchlorid behandelten Moorbodenprobe auf ihr Verhalten gegen Calciumazetat geprüft. Dabei ergab sich, dass 100 ccm der Filtrate von den beiden Proben jetzt die folgenden Mengen Natronlauge zur Neutralisation erforderten:

Probe ohne KCl-Behandlung.	Probe nach KCl-Behandlung.
1. 45.5 ccm $\frac{\text{NaOH}}{10}$	34.3 ccm $\frac{\text{NaOH}}{10}$
2. 45.0 „ „	34.5 „ „

Die Behandlung des Bodens mit Kaliumchlorid hat darnach ohne Frage eine Herabsetzung seiner Reaktionsfähigkeit mit Calciumazetatlösung herbeigeführt. Das ist ganz natürlich, wenn man bedenkt, dass auch jeder künstlich durch Einwirkenlassen von Aluminium- oder Eisensalzen sauer gemachte Boden nicht nur mit Kaliumchloridlösung, sondern auch mit Calciumazetatlösung reagiert. Die Kaliumchloridbehandlung musste deswegen die Befähigung zur Calciumazetatzersetzung erniedrigen. Trotzdem muss man nun aber doch nach der so oft wiederholten Kaliumchloridbehandlung, die unserem Moorboden zu Teil wurde, die Abnahme seiner Reaktionsfähigkeit gegen Calciumazetat als eine ziemlich geringe bezeichnen und muss daraus schliessen, dass

diese Befähigung eine Eigenschaft der Moorsubstanz ist, die in keinem Zusammenhang mit der Einwirkung des Moors auf Kaliumchlorid steht. Zieht man nun weiter noch in Betracht, dass die mit Kaliumchlorid behandelte Moorsubstanz auch noch deutlich sauer gegen Lackmuspapier reagiert, so muss man das gesamte Verhalten dieser Moorsubstanz als ein höchst eigenartiges bezeichnen. Sie liefert tiefbraun gefärbte Lösungen von neutraler Beschaffenheit und reagiert dabei noch mit Lackmuspapier und Calciumazetat geprüft kräftig sauer!

Zunächst scheint dieser Befund sehr darnach angetan zu sein, schwere Bedenken gegen die Säurenatur des Hochmoorhumus zu erwecken; dennoch gibt es eine Möglichkeit, die ihn mit dieser Theorie vereinbar macht. Würde nämlich die Neutralsalzzersetzung nicht ausschliesslich Ionenaustausch sein, sondern würde dabei, wenn auch nur zum Teil, eine wirkliche Zersetzung der Neutralsalze mitspielen, so könnte diese Zersetzung nur durch wirkliche Humussäuren hervorgebracht werden. Bei dieser Zersetzung müsste sich dann in unserem Falle das Kaliumsalz der Humussäure gebildet haben und dieses Kaliumsalz hätten wir in unseren braunen Humuslösungen vor uns. Allerdings sollte man annehmen, dass dieses Kalisalz der schwachen Humussäure infolge der hydrolytischen Spaltung eine noch geringere Wasserstoffionenkonzentration besässe, als in unseren Lösungen gemessen wurde. Aber auch die verhältnismässig hohe Wasserstoffzahl unserer Lösungen könnte noch mit der Theorie in Einklang stehen, wenn ausser dem Kaliumsalz auch ein Teil der Humussäure selbst in Lösung ginge, wenn also in unseren Lösungen ein Gemisch von humussaurem Kali und freier Humussäure vorläge. Die gemessene Wasserstoffzahl wäre dann durchaus erklärlich.

Einfacher gestaltete sich allerdings die Erklärung unseres Befundes vom Standpunkte der von BAUMANN und GULLY entwickelten Adsorptionstheorie der Humusstoffe aus. Darnach müsste man annehmen, dass durch die Behandlung mit Kaliumchloridlösung und Wasser sowohl die geringen Mengen von wirklichen Säuren als auch die den Übergang in den Solzustand verhindernden Elektrolyte entfernt worden wären und dass nun bei der weiteren Wasserbehandlung das nicht saure Humuskolloid aus dem Rückstand in Lösung ginge.

Die Entscheidung zwischen diesen beiden Erklärungsmöglichkeiten und damit überhaupt die Entscheidung zwischen der Humussäuretheorie und der Adsorptionstheorie wird sich, wie der Referent bestimmt hofft, erbringen lassen, dadurch dass der Vorgang der Neutralsalzzersetzung einer endgültigen Aufklärung entgegengeführt wird.

In der nächsten Mitteilung soll über die dazu angestellten Bemühungen berichtet werden.

Fassen wir nun die Ergebnisse der im letzten Abschnitt beschriebenen Versuche zusammen, so gelangen wir zu den folgenden Sätzen:

1. Im Gegensatz zu den Rührversuchen lieferten die Sickerversuche Lösungen, die sowohl eine deutliche Titrationsazidität wie auch eine nicht unbeträchtliche wahre Azidität besaßen.

2. Durch sehr niedrige Wasserstoffzahlen und geringe Dissoziation des Gesamt-Säurewasserstoffs zeichnen sich gegenüber den unkultivierten Proben die Wasserauszüge der kultivierten Moorböden aus; die Kultivierungsmassnahmen, unter ihnen jedenfalls ganz besonders die Kalkdüngung, bewirken also einen mit Hilfe der Wasserstoffionenmessungen auch bereits in den Wasserextrakten deutlich nachweisbaren Aziditätsabfall des Hochmoorbodens.

3. Als Nachweis für das Vorhandensein von Humussäuren in den Lösungen können die erhaltenen Ergebnisse nicht betrachtet werden; der besonders bei den unkultivierten Moorproben sehr hohe Dissoziationsgrad der Säuren in den Wasserauszügen macht vielmehr die Annahme wahrscheinlich, dass es sich hier um starke Säuren, voraussichtlich um Schwefelsäure, handeln wird.

4. Die Sickerversuche mit Kaliumchloridlösung bewirkten bei allen Proben eine Steigerung sowohl der Titrationsazidität wie auch der wahren Azidität. Die niedrigsten Wasserstoffzahlen weisen hierbei wiederum die kultivierten Böden auf.

5. Aus den Dissoziationsverhältnissen des Säurewasserstoffs in den Kaliumchloridlösungen lässt sich mit Sicherheit entnehmen, dass durch Ionenaustausch in die Lösungen gelangtes Aluminiumchlorid nicht die alleinige Ursache der Azidität der Lösungen sein kann.

6. Quantitative Bestimmungen der Sesquioxide in den Kaliumchloridlösungen zeigten, dass überall nur ein Bruchteil der aus den Titrationswerten berechneten Mengen von Aluminiumoxyd aus den Lösungen ausgefällt werden konnte. Äquivalenz zwischen verbrauchter Natronlauge und in Lösung vorhandenem Aluminiumchlorid bestand also nicht.

7. Trotz des Fehlens dieses für den Ionenaustausch massgebenden Kennzeichens dürfte doch die Neutralsalzzersetzung nichts anderes als Ionenaustausch sein, denn die mangelnde Äquivalenz erklärt sich voraussichtlich aus der Adsorption von Aluminiumhydroxyd durch die Moorsubstanz.

8. Ein Versuch zeigte, dass sich die Befähigung zur Zersetzung von Kaliumchlorid durch wiederholtes Behandeln des Moors mit Kaliumchloridlösung ziemlich weitgehend von der Moorsubstanz trennen lässt, ohne dass die Befähigung des Moors zur Zersetzung von Calciumazetat davon wesentlich beeinträchtigt würde.

9. Das Auswaschen des mit Kaliumchloridlösung vielfach behandelten Moorbodens mit Wasser führte zu dem überraschenden Ergebnis, dass dabei dunkelbraun gefärbte Humuslösungen von neutraler Reaktion erhalten wurden, während der Rückstand gegen Lackmuspapier und Calciumazetat „sauer“ reagierte.

10. Es steht zu erwarten, dass sich durch die weitere Bearbeitung dieses Befundes Beiträge zur Humussäurefrage werden erbringen lassen, die besonders deshalb vielleicht nicht unwichtig sein werden, weil in ihnen das Problem der Humussäuren sich von einer ganz neuen Seite aus anfassen lässt.

B. Versuche mit Pflanzenproben.

1. Schüttelversuche mit Pflanzen.

Zu den im folgenden zunächst zu besprechenden Schüttelversuchen mit Pflanzen wurden jedesmal 10 g der durch Ausbreiten an der Luft getrockneten und dann gröblich zermahlene Stoffe benutzt. Wie bei den Moorbodenproben wurde die Behandlung der Stoffe mit Wasser, mit normaler Kaliumchloridlösung und 10prozentiger Calciumazetatlösung und hier ausserdem mit 10prozentiger Natriumazetatlösung zur Ausführung gebracht, wobei immer 200 ccm der Lösungen auf 10 g Substanz zur

Anwendung kamen; die Gemische wurden jedesmal 1 Stunde im Schüttelapparat geschüttelt. In den abfiltrierten Lösungen wurde die Titrationsazidität und die Wasserstoffzahl bestimmt, in den wässrigen Auszügen zumeist auch die Leitfähigkeit und der Abdampf- und Glührückstand. Die Versuchsbedingungen waren für die meisten Proben recht gleichartig, weil die Trockensubstanzgehalte nur geringe Schwankungen aufwiesen; die Werte dafür lagen zwischen 90.9 und 93.5 %. Nur die Proben von Sphagnummoos hatten einen etwas geringeren Gehalt an Trockensubstanz; beim oberen Teil des Moooses betrug er 86.5 % und beim unteren Teil 85.5 %. Hier musste aber ausserdem auch noch von der Versuchsanordnung dadurch abgewichen werden, dass infolge der starken Wasseraufsaugung des Moooses auf 10 g Substanz 400 ccm Wasser und Lösung angewandt werden mussten. Die Ergebnisse der ausgeführten Untersuchungen sind in der Tabelle XI zusammengestellt.

(Siehe die Tabelle XI auf S. 361 und 362.)

Überblicken wir in Tabelle XI zunächst die Titrationsaziditäten der wässrigen Pflanzenauszüge, so erkennen wir, dass überall bis zum Umschlagspunkt des als Indikator auch hier wieder benutzten Phenolphthaleins ein Zusatz von 0.1-normaler Natronlauge notwendig war; zum Teil war der notwendige Laugezusatz wie bei Nr. 6 und 7 sogar ein sehr hoher. Die Titrationswerte sind aber keineswegs alle von gleich grosser Genauigkeit; die Auszüge waren nämlich zum grossen Teil stark gefärbt, meist braunrot, und in diesen Fällen war der Farbumschlag trotz starker Verdünnung der Lösungen mit ausgekochtem Wasser doch nicht immer scharf. Ungenauigkeiten der Titrationswerte, die einige Zehntel Kubikzentimeter betragen, sind daher bei allen mit Ausnahme der vier letzten Proben, die nur wenig gefärbte und ganz sicher titrierbare Lösungen lieferten, zuzugeben. Die Tatsache des Verbrauches von Natronlauge bis zum Phenolphthaleinumschlag erscheint hierdurch aber trotzdem nicht in Zweifel gestellt.

Vergleicht man nun mit den Titrationszahlen die zugehörigen Wasserstoffzahlen, so sieht man, dass mit Ausnahme von Nr. 1, dem Auszug aus den Blättern des auf Kalkboden gewachsenen Haselnussstrauchs, überall eine Wasserstoffzahl vorliegt, die sich vom Neutralpunkt nach der sauren Seite hin entfernt. Im grossen

Tabelle XI.

Art der Probe	Auszug mit Wasser	Auszug mit Kaliumchlorid	Auszug mit Calciumazetat	Auszug mit Natriumazetat	Leitfähigkeit Tr.-S. ‰
1. Haselnussblätter Jena	1.2—1.6 7.6—8.9. 10 ⁻⁸	1.2—1.2 1.4—1.3. 10 ⁻⁷	5.6—6.0 1.6. 10 ⁻⁷	3.6—4.0 6.5. 10 ⁻⁷	2.53. 10 ⁻³ 92.6
2. Buchenblätter Jena	1.2—1.2 8.0. 10 ⁻⁷	1.2—1.2 1.1—1.0. 10 ⁻⁶	6.4—6.8 3.2. 10 ⁻⁷	6.0—6.0 1.1. 10 ⁻⁷	1.29. 10 ⁻³ 90.9
3. Weichselkirsche Jena	5.2—5.2 1.4—1.4. 10 ⁻⁶	4.8—5.6 1.6—1.6. 10 ⁻⁶	10.0—10.0 2.7. 10 ⁻⁷	8.0—8.4 1.3. 10 ⁻⁷	3.12. 10 ⁻³ 91.4
4. Haselnussblätter Birkigt	0.8 3.7—3.7. 10 ⁻⁷	0.8 1.2—1.5. 10 ⁻⁶	9.6—10.0 4.4. 10 ⁻⁷	14.4—15.2 1.6. 10 ⁻⁷	4.74. 10 ⁻⁴ 91.3
5. Calluna vulg. Dorna	6.4—6.0 1.0—1.3. 10 ⁻⁶	6.4—5.6 1.6—1.9. 10 ⁻⁶	11.2—12.0 —	—	1.01. 10 ⁻³ 91.7
6. Vaccinium myrtillus Dorna	15.6 1.6—1.6. 10 ⁻⁵	15.2 2.9. 10 ⁻⁵	22.2—24.4 4.3. 10 ⁻⁷	—	1.28. 10 ⁻³ 92.7
7. Fichtennadeln Dorna	18.4 1.2—1.0. 10 ⁻⁴	16.4 1.6—1.6. 10 ⁻⁴	24.8 5.9. 10 ⁻⁷	24.4 3.5. 10 ⁻⁷	1.21. 10 ⁻³ 93.5

Noch Tabelle XI.

Art der Probe		Auszug mit Wasser	Auszug mit Kaliumchlorid	Auszug mit Calcium- azetat	Auszug mit Natrium- azetat	Leit- fähigkeit Tr.-S. %
8. Fichtenholz Dorna	Titrationssazidität Wasserstoffzahl	1.6—1.6 1.7—2.0. 10 ⁻⁶	2.4—2.4 9.3—9.3. 10 ⁻⁶	6.0—8.0 2.5. 10 ⁻⁷	6.0—7.2 1.5. 10 ⁻⁷	6.67. 10 ⁻⁴ 92.7
9. Kiefernadeln Dorna	Titrationssazidität Wasserstoffzahl	3.6 3.7—2.9. 10 ⁻⁶	3.6 4.3—4.6. 10 ⁻⁷	11.2 3.1. 10 ⁻⁷	8.0 1.6. 10 ⁻⁷	9.44. 10 ⁻⁴ 91.9
10. Kiefernholz	Titrationssazidität Wasserstoffzahl	2.4—2.8 7.2—6.3. 10 ⁻⁶	2.8—2.4 1.7—1.5. 10 ⁻⁵	9.8—10.4 4.0. 10 ⁻⁷	8.8—9.2 1.7. 10 ⁻⁷	6.23. 10 ⁻⁴ 91.0
11. Moos Polyttri- chum Dorna	Titrationssazidität Wasserstoffzahl	1.0—1.2 4.1—7.3. 10 ⁻⁷	1.8—1.8 2.9—3.4. 10 ⁻⁵	16.2—16.2 1.1. 10 ⁻⁶	15.0—13.6 2.4. 10 ⁻⁷	4.28. 10 ⁻⁴ 92.4
12. Sphagnummoos aus Bremen oberer Teil	Titrationssazidität Wasserstoffzahl	2.0—2.1 4.6—4.1. 10 ⁻⁶	2.2 3.6. 10 ⁻⁵	12.0 4.8. 10 ⁻⁷	11.2 2.5. 10 ⁻⁷	7.3. 10 ⁻⁴ 86.5
13. Sphagnummoos aus Bremen unterer Teil	Titrationssazidität Wasserstoffzahl	0.8—0.9 2.8—2.8. 10 ⁻⁶	1.4 4.4—4.4. 10 ⁻⁴	16.2 1.3. 10 ⁻⁶	16.2 4.1. 10 ⁻⁷	1.28. 10 ⁻⁴ 85.5

KAPPEN (Ref.) und ZAPPE:

und ganzen, aber nicht ausnahmslos, gibt sich auch bei den höheren Titrationswerten eine höhere Wasserstoffzahl in den Auszügen zu erkennen; so weisen die Proben 6 und 7, *Vaccinium myrtillus* und die Fichtennadeln, mit der höchsten Titrationsazidität auch die höchste gemessene Wasserstoffionenkonzentration auf. Da nun auch alle Lösungen mit einer Wasserstoffzahl über 10—6 blaues empfindliches Lackmuspapier rot färbten, so ist es wohl ganz unmöglich, an dem Vorhandensein von Säuren in den erhaltenen Extrakten zu zweifeln. WIELER¹⁾ hat bekanntlich in seiner Arbeit über die Azidität der Zellmembran ebenfalls eine Reihe von Pflanzen mit Wasser ausgezogen und an den erhaltenen Lösungen festgestellt, dass sie sowohl gegen Lackmus sauer reagierten, als auch mit dem Reagens von BAUMANN und GULLY, einer Lösung von jodsaurem Kali und Jodkali, in Reaktion traten. Trotzdem glaubt WIELER aber nicht, dass wirkliche Säuren in den Auszügen diese Reaktion hervorbringen, sondern behauptet, dass das nur Wirkungen von kolloiden Stoffen seien, die in das Extrakt eingegangen seien. Als wesentliche Stütze für diese Erklärung galt ihm die Tatsache, dass trotz saurer Reaktion in einem Auszuge die Untersuchung auf Leitfähigkeit negativ ausgefallen war. Schaut man sich nun noch in der Tabelle die in der letzten Kolumne aufgeführten Leitfähigkeiten unserer Auszüge an und hält damit die einwandfreien Wasserstoffzahlen der Auszüge zusammen, so erkennt man leicht, dass die WIELERschen Behauptungen über die Ursachen der Azidität der mit Wasser hergestellten Pflanzenauszüge auf keiner sicheren Grundlage ruhen. Dass man es ganz ohne Frage auch mit Säuren zu tun hat, kann durch unsere Messungen als vollkommen sicher gestellt betrachtet werden, wenn man bei dem weitverbreiteten Vorkommen von organischen Säuren in den verschiedensten Pflanzen hieran überhaupt hätte Zweifel hegen wollen. Ob daneben auch noch Adsorptionswirkungen vorhanden sind, können unsere Untersuchungen nicht beweisen, der Beweis dafür steht aber auch von der anderen Seite her noch aus. Man könnte zwar vielleicht versuchen, aus den Untersuchungsergebnissen bei Probe 1, deren Wasserauszug trotz fast alkalischer Reaktion noch einen Zusatz von Natronlauge bis zum Umschlagspunkt für das Phenolphthalein beanspruchte, einen Beleg für das Mitspielen

von Adsorptionerscheinungen bei der Titration zu bilden; dazu mag dann aber gleich hier bemerkt sein, dass bei der nicht zu bezweifelnden Gegenwart von phosphorsauren Salzen in den Blattextrakten allein diese genügen, um Titrationswert und Wasserstoffzahl auch bei Probe 1 als durchaus möglich erscheinen zu lassen. Weiterhin könnte aber auch wohl noch jemand die hohen Titrationswerte von Nr. 6 und 7 bei relativ geringen Wasserstoffzahlen als Beweis für das Mitspielen von Adsorptionswirkungen ansprechen. Auch dazu liegt aber in diesen Fällen durchaus kein Grund vor. Denn man braucht ja nur an die sehr naheliegende Möglichkeit zu denken, dass die extrahierten Pflanzen Gemische von freien organischen Säuren und ihren Alkalisalzen enthalten, um auch hier die Befunde bei reiner Säurewirkung als theoretisch durchaus möglich zu erkennen. Wie dann aus den Zahlen der nächsten Reihe, die die Untersuchungsergebnisse der Auszüge der Pflanzen mit Kaliumchloridlösung enthält, hervorgeht, ist eine einwandfreie Erhöhung der Titrationsazidität nur in drei Fällen zu verzeichnen gewesen, nämlich beim Fichtenholz, beim Polytrichummoos und beim unteren Teil des Sphagnum. Häufiger als die Titrationsazidität ist aber eine Erhöhung bei den Wasserstoffzahlen vorhanden. Diese Erhöhung zeigt sich in den Fällen am stärksten, wo auch die Titrationsazidität zugenommen hatte. So ist die Wasserstoffzahl beim Polytrichummoos und beim unteren Teil des Sphagnum fast hundertfach so gross als im Wasserauszug, beim Fichtenholz zehnmal so gross. Bei den anderen Proben, die eine Veränderung der Wasserstoffzahl im Kaliumchloridauszug gegenüber dem Wasserauszug aufweisen, ohne dass die Titrationsazidität in Mitleidenschaft gezogen wäre, ist die Erhöhung nur gering, die Wasserstoffzahl steigt etwa auf das Doppelte. Bei der vollkommenen Übereinstimmung der Wasserstoffzahlen, die in manchen Fällen herrscht — Probe 3, 5, 7 —, glauben wir auch diese geringen Veränderungen bei anderen Proben nicht etwa als Fehler ansprechen zu sollen, sondern wir glauben aus ihnen den Schluss ziehen zu müssen, dass auch in diesen Fällen eine Einwirkung der Pflanzensubstanz auf das Neutralsalz stattgefunden hat. Worin diese Einwirkung besteht, kann für alle beobachteten Fälle natürlich nicht angegeben werden. Die Tatsache aber, dass mit Sicherheit beim Polytrichummoos und bei beiden Proben des Sphagnummooses bei der Titration mit Natronlange Niederschläge erhalten wurden, die in Salzsäure gelöst auf Zusatz von Ammon-

chlorid und Ammoniak wieder ausfielen, lässt uns hier schon die Annahme aussprechen, dass auch bei der Neutralsalzzersetzung durch frische Pflanzen die gleichen Verhältnisse vorliegen können, wie bei der Neutralsalzzersetzung durch Humusstoffe, dass nämlich auch hier die Neutralsalzzersetzung unter Umständen in einem Austausch der Ionen von Tonerde und Eisen gegen das Kaliumion, oder allgemein gesagt, gegen das Metallion des Neutralsalzes besteht. Nachher werden noch bei den Sickerversuchen weitere Angaben hierzu zu machen sein.

In den Reihen, die die Ergebnisse der Behandlung der Pflanzenteile mit Calcium- und mit Natriumazetat enthalten, tritt uns die gleiche Erscheinung entgegen, wie sie bei den Moorproben beobachtet und erklärt wurde, nämlich bei zum Teil sehr hohen Titrationsaziditäten eine nur wenig vom Neutralpunkte sich entfernende Wasserstoffionenkonzentration. Die Zersetzung der Azetate ausschliesslich auf das Konto von Adsorptionswirkungen der Zellmembran zu setzen, ist natürlich ebenso unmöglich, wie die gleichartige Deutung der Aziditätserscheinungen bei den mit Wasser hergestellten Auszügen. Da in diesen Auszügen unzweideutig saure Stoffe, mögen es nun freie Säuren oder saure Salze sein, nachgewiesen sind, so müssen die Titrationswerte der Azetatlösungen wenigstens zum Teil auch auf echter Säurewirkung beruhen, wenngleich natürlich hier noch Säurewirkung und Adsorptionswirkung in quantitativer Beziehung gegen einander abzugrenzen bleiben, und voraussichtlich hier der letzteren die grössere Bedeutung zukommt.

Als feststehend darf jedenfalls auf Grund der vorstehenden Prüfung einmal betrachtet werden, dass an den Aziditätserscheinungen, die Pflanzen und Pflanzenteile sowohl bei der Behandlung mit Wasser wie auch mit Azetatlösungen erkennen lassen, echte Säurewirkungen ihren Anteil haben, fernerhin muss angenommen werden, dass bei der Neutralsalzzersetzung durch Pflanzenstoffe der Ionenaustausch eine Rolle spielt. Durch eingehendere Untersuchungen diese Schlussfolgerungen noch mehr zu sichern, war der Zweck der im folgenden noch weiter zu besprechenden Versuche.

Zu diesen Versuchen wurde nur eine Pflanzenart herangezogen, nämlich das Sphagnummoos. Durch das Entgegenkommen des Herrn Prof. Dr. TACKE erhielten wir eine grössere Menge davon aus dem Königsmoor bei Bremen. Ein Teil von

diesem Moos, das noch ziemlich nass war, als wir es erhielten, wurde in einer gewöhnlichen Obstpresse ausgepresst; die abgelaufene gegen Lackmuspapier sauer reagierende Lösung wurde filtriert und dann mit dem folgenden Ergebnis auf ihre Titrationsazidität und Wasserstoffzahl untersucht.

Titrationssazidität	Wasserstoffzahl
0.40 ccm $\frac{\text{NaOH}}{10}$ auf 100 ccm	$4.7 \cdot 10^{-4}$
0.40 " " " " "	$3.8 \cdot 10^{-4}$

Die aus dem Moos ausgepresste Flüssigkeit, die bei dem geringen angewandten Druck wohl ausschliesslich als kapillar festgehaltenes Wasser betrachtet werden muss, besass also eine Azidität, die den Umschlagpunkt für den Lackmusfarbstoff erheblich übertrifft. Als auffällig und zunächst nicht sicher erklärbar muss der Dissoziationsgrad der in der Lösung enthaltenen Säure betrachtet werden; eine Wasserstoffzahl von rund $4 \cdot 10^{-4}$ zeigt bei einem Laugenverbrauch auf 100 ccm von 0.4 ccm $\frac{\text{NaOH}}{10}$ eine vollkommene Dissoziation der in der Lösung

vorhandenen Säure an, woraus der gleiche Schluss gezogen werden muss, wie bei dem ähnlichen Verhalten der Moorproben, dass nämlich keine schwachen organischen Säuren, sondern starke anorganische Säuren die Ursache der Azidität der Lösung sind.

Weiterhin wurden dann in gleicher Weise wie früher mit den Moorproben auch mit dem Sphagnummoos Sickerversuche zur Ausführung gebracht. 2000 g des nassen Moooses wurden in den schon beschriebenen Gefässen zunächst mit Wasser und darauf mit normaler Kaliumchloridlösung begossen; die nach 24 Stunden langer Berührung abgelaufenen klaren Lösungen wurden in gleicher Weise wie die beiden Moorproben untersucht. Die folgende Tabelle enthält zunächst die Untersuchungsergebnisse der drei Wasserabläufe.

Tabelle XII.
Wasserabläufe:

Titrationssazidität	1. Ablauf	2. Ablauf	3. Ablauf
$\frac{\text{NaOH}}{10}$ auf 100 ccm . . .	0.2 ccm	0.6 ccm	1.2 ccm
Wasserstoffzahlen . . .	$2.0 \cdot 10^{-5}$	1.4 u. $1.3 \cdot 10^{-4}$	1.0 u. $1.0 \cdot 10^{-4}$
Abdampfdruckstand in 100 ccm	0.0332 g	0.0266 g	0.0268 g
Glührückstand in 100 ccm .	0.0124 "	0.0126 "	0.0146 "
Leitfähigkeit	$2.9 \cdot 10^{-4}$	$2.5 \cdot 10^{-4}$	$2.4 \cdot 10^{-4}$

Man sieht, dass die Titrationsazidität des ersten Wasserablaufes sowohl als seine Wasserstoffzahl geringer ist wie die der ausgedrückten Flüssigkeit, was durchaus verständlich ist, wenn man bedenkt, dass die dem Moose anhaftende Lösung durch den Aufguss von 2000 ccm Wasser erheblich verdünnt wurde. Der Titrationswert ist übrigens bei dem ersten Ablauf nicht ganz zuverlässig, weil sich trotz des Aufgusses nur sehr wenig Lösung ergab; es konnten deswegen zur Titration nur 25 ccm benutzt werden, wobei ein Verbrauch von nur 0.05 ccm festgestellt wurde. Aus demselben Grunde konnte auch nur einmal die Wasserstoffzahl gemessen werden. Bei den übrigen Abläufen waren die Lösungsmengen aber so reichlich, dass die Aziditätsbestimmungen mit grösseren Mengen und mehrfach ausgeführt werden konnten, so dass für die Zahlen beim zweiten und dritten Ablauf volle Sicherheit besteht. Aus diesen Zahlen muss man nun schliessen, dass nach dem ersten, den Aziditätsgrad durch Verdünnung herabsetzenden Wasseraufguss, steigende Mengen von sauren Stoffen vom Moos an das Wasser abgegeben werden, ohne dass die Wasserstoffzahl und die übrigen bestimmten Werte nachweisbare Veränderungen miterleiden. Ein solches Verhalten wäre leicht erklärbar, wenn eine sehr schwache und dabei flüchtige Säure die Ursache dieser Aziditätssteigerung wäre. Da es sich hier beim Moos um lebende, atmende Pflanzen handelt, lag es nahe, für die Steigerung der Titrationsazidität im Laufe der Versuche die Atmungskohlensäure der Pflanzen verantwortlich zu machen. Durch einen besonderen, nachher noch anzuführenden Versuch haben wir diese Deutung einer Prüfung unterzogen.

Nach der dreimaligen Behandlung des Moores mit Wasser wurde in gleicher Weise eine dreimalige Behandlung mit normaler Kaliumchloridlösung vorgenommen.

Die Ergebnisse der Aziditätsbestimmungen an den hierbei gewonnenen Abläufen waren die folgenden.

Tabelle XIII.
Kaliumchloridabläufe:

Titrationsazidität	1. Ablauf	2. Ablauf	3. Ablauf
NaOH — 10 — auf 100 ccm	4.9 µcm	4.2 ccm	3.4 ccm
Wasserstoffzahl	6.0. 10 ⁻⁴	7.6. 10 ⁻⁴	5.6. 10 ⁻⁴

Vergleicht man diese Zahlen mit denen der Wasserabläufe, so erkennt man, dass die Titrationsazidität eine sehr beträchtliche Steigerung erfahren hat, dass also unter dem Einfluss der Kaliumchloridlösung das eingetreten ist, was man bisher als Neutralsalzzersetzung zu bezeichnen pflegte. Auch die Wasserstoffzahlen haben nun zwar durch die Kaliumchloridlösung eine Steigerung erfahren, aber die Werte dafür bleiben doch noch weit hinter denen zurück, die man erwarten müsste, wenn die Einwirkung des Kaliumchlorids auf das Moos zu einer einfachen Abspaltung von freier Salzsäure aus dem Kaliumchlorid geführt hätte. Es wären nämlich in diesem Falle Wasserstoffzahlen zu erwarten gewesen, die 6—8mal so gross wie die gefundenen sein müssten. Um eine einfache Neutralsalzzersetzung in dem alten Sinne kann es sich also auch hier bei den frischen Moospflanzen nicht handeln, und da sich nun in allen titrierten Lösungen ein flockiger Niederschlag abschied, der in Salzsäure gelöst nach Zusatz von Ammonchlorid durch Ammoniak wieder zum Ausfallen zu bringen war, so war für uns die Schlussfolgerung gegeben, dass die Neutralsalzzersetzung durch das lebende Sphagnummoos genau der gleiche Vorgang sei, wie beim Sphagnumtorf und anderen Rohhumusbildungen, dass es sich also auch hier um Ionenaustausch handelt.

Wie die Umsetzung zwischen Sphagnummoos und Kaliumchlorid sich in quantitativer Hinsicht gestaltet, wurde leider bei den vorstehenden Versuchen nur einmal untersucht. Bei einem der späteren Abläufe, bei denen sonst nur noch die mehr und mehr abnehmende Titrationsazidität bestimmt wurde, wurden 500 ccm titriert und der ausgeschiedene Niederschlag nach wiederholter Lösung und Ausfällung quantitativ bestimmt. Die Titrationsazidität betrug hier nur noch 9.2 ccm 0.1-normaler Natronlauge auf 500 ccm des Ablaufes und es wurden 15.7 mg Aluminium- und Eisenoxyd gewogen. Nach dem Titrationswert wären 31.3 mg Aluminiumoxyd zu erwarten gewesen, so dass also auch hier gerade so wie beim Sphagnumtorf nur ein Teil der Sesquioxyde zur Ausfällung gelangte. Zwar zeigte sich beim Eindampfen des Waschwassers von der Aluminium- und Eisenoxymbestimmung und der darauf folgenden Veraschung und erneuten Prüfung des Glührückstandes auf Aluminium, dass noch etwas Aluminiumhydroxyd der Fällung entgangen war, immerhin war aber diese Menge nicht ausreichend, um die Sesquioxyde auf einen mit

der Berechnung wesentlich besser übereinstimmenden Wert zu bringen. Es waren also auch hier beim Moos nur rund 50 % derjenigen Menge an Aluminium nachzuweisen, die bei äquivalentem Ionenaustausch zu erwarten gewesen wäre. Die Ursachen für diesen Befund können die gleichen sein, wie diejenigen, die wir für die gleiche Erscheinung beim Moostorf bereits namhaft gemacht haben. Eine eingehendere Untersuchung dieser interessanten Erscheinung müssen wir leider auch in diesem Falle auf spätere Zeit verschieben.

Bei den Untersuchungen an einem zweiten Sphagnummoos von anderer Herkunft wurden übrigens die bei dem Sphagnum aus dem Königsmoor gewonnenen Befunde vollauf bestätigt.

Dieses zweite Moos stammte aus dem Nossengrund bei Roda in Sachsen-Altenburg. In dicken Rasen überzieht es hier den Nordhang des tief in den Buntsandstein eingefressenen Bachtals. Im Juni 1916 wurde dieses Moos gesammelt. Geradeso wie beim Sphagnum aus dem Königsmoor wurde zunächst das dem Moos anhaftende Wasser in einer Fruchtpresse ausgedrückt und auf seine Titrationsazidität, Wasserstoffzahl und seine Leitfähigkeit untersucht; der obere grüne Teil des Mooses und der untere verfärbte Teil wurden hierbei getrennt gehalten. Die Ergebnisse dieser Untersuchung enthält Tabelle XIV.

Tabelle XIV.

Titrationssazidität	Oberer Teil	Unterer Teil
NaOH 10 ⁻ auf 100 ccm. . . .	1.7—1.4 ccm	1.5—1.6 ccm
Wasserstoffzahl	$4.2 \cdot 10^{-4}$ — $3.6 \cdot 10^{-4}$	$2.6 \cdot 10^{-4}$ — $3.3 \cdot 10^{-4}$
Leitfähigkeit	$4.1 \cdot 10^{-4}$ — $3.9 \cdot 10^{-4}$	$3.9 \cdot 10^{-4}$ — $4.0 \cdot 10^{-4}$

Nach diesen Zahlen ist, ohne dass im übrigen wesentliche Unterschiede zwischen dem oberen und dem unteren Teil des Mooses auftreten, die Titrationsazidität hier ziemlich viermal so gross wie bei der aus dem ersten Sphagnum abgepressten Flüssigkeit, die Wasserstoffzahlen dagegen sind so gut wie gleich. Worauf der hohe Titrationswert beruht, lässt sich nicht sagen. Möglicherweise hat man es dabei zum Teil wieder mit etwas

gelöster Kohlensäure zu tun. Erheblich an dem Titrationswert beteiligt sein kann die Kohlensäure aber nicht, denn man muss annehmen, dass durch das Stehen an der Luft, besonders auch durch das Filtrieren der Lösung sich der Gleichgewichtszustand zwischen dem etwaigen Kohlensäuregehalt der Lösung und dem der Luft eingestellt haben dürfte; in der Nähe dieses Gleichgewichtszustandes ist aber der Kohlensäuregehalt der Lösung bereits durch wenige Zehntel 0.1-normaler Natronlauge neutralisiert. Für die Wasserstoffzahlen würde übrigens ein ganz erheblich höherer Gehalt der Lösung an Kohlensäure noch ohne jede Bedeutung sein, denn die Höhe der Wasserstoffzahlen bürgt direkt dafür, dass die sonst noch vielleicht anwesende Kohlensäure nur in nicht dissoziiertem Zustande vorhanden sein kann. Die Wasserstoffzahlen werden daher von anderen sauren Stoffen hervorgebracht. Ob es organische Säuren sind, die dafür verantwortlich gemacht werden müssen, lässt sich natürlich nicht behaupten, wenngleich es das wahrscheinlichste sein dürfte. Bemerkt mag aber werden, dass die Untersuchung des Glührückstandes der Lösung einen Gehalt von 16.2 mg Tonerde und Eisenoxyd im Liter ergaben, so dass wohl die Möglichkeit besteht, dass bereits an der Azidität rein wässriger Auszüge der Pflanzen Tonerde- und Eisenverbindungen beteiligt sein können, eine Annahme, die natürlich auch bei den Rohhumusauszügen in Frage kommen kann. Schon früher hat ja der Referent bereits die Azidität, die Auszüge von sauren Mineralböden mit Wasser besitzen, so gedeutet, dass aus dem Boden in Lösung gehende Salze in Ionenaustausch mit dem Boden eintreten und so hydrolytisch gespaltene Salze, wenn auch nur äusserst geringe Mengen, in die Lösung brächten. Der gleiche Vorgang ist natürlich auch bei den Wasserauszügen der zum Ionenaustausch befähigten Rohhumusbildungen und der frischen Pflanzensubstanz möglich, wenn er vielleicht auch nur eine wenig bedeutende Rolle bei den Aziditätserscheinungen dieser Stoffe spielt.

Bei der Fortsetzung der Versuche mit dem Sphagnum aus dem Nossengrunde wurden dann je 2000 g des ausgepressten Moores in die schon beschriebenen Sickergefässe gefüllt und darin dreimal mit Wasser behandelt. Die hierbei erhaltenen Aziditätszahlen sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Tabelle XV.

Titrationssazidität	1. Ablauf	2. Ablauf	3. Ablauf
Oberer Teil des Moores.			
NaOH auf 100 ccm .	1.0—0.95 ccm	1.9—1.8 ccm	3.5—2.9 ccm
Wasserstoffzahl . . .	5.4—4.3 . 10 ⁻⁴	2.7—2.0 . 10 ⁻⁴	2.8—2.8 . 10 ⁻⁴
Unterer Teil des Moores.			
NaOH auf 100 ccm .	1.0—1.0 ccm	2.2—2.4 ccm	2.4—2.1 ccm
Wasserstoffzahl . . .	2.9—3.4 . 10 ⁻⁴	2.7—2.3 . 10 ⁻⁴	1.8—2.0 . 10 ⁻⁴

Geradeso wie bei dem Sphagnummoos aus dem Königsmoor sieht man hier die Titrationssazidität der verschiedenen Abläufe steigen, ohne dass die Wasserstoffzahlen im gleichen Sinne beeinflusst werden; eher zeigen die letzten ja sogar eine geringe Abnahme. Bei den Versuchen mit Sphagnummoos war nun die Annahme geäußert, dass dieses Verhalten der Auszüge vielleicht mit der Atmung des Moores in Zusammenhang stehen könnte. Um das hier zu prüfen, wurde jedesmal ein Teil der Wasserauszüge eine Zeit lang gekocht und nach Ergänzung des verdampften Wassers von neuem auf die Titrations- und die wahre Azidität geprüft. Dass beim Kochen Kohlensäure entwichen war, deutete nun bereits der jetzt recht scharfe Farbumschlag bei der Titration der Lösungen an; ausnahmslos waren dann auch die Titrationswerte der gekochten Lösungen niedriger als die der nicht gekochten, wie aus der folgenden Zusammenstellung zu entnehmen ist. Die Zusammenstellung enthält auch die Wasserstoffzahlen der gekochten Lösungen, und aus ihren Werten entnehmen wir, dass sie keine nachweisbare Veränderung erfahren haben.

Lösungen nach dem Kochen.

	Ablauf 1	Ablauf 2	Ablauf 3
Titrationssazidität . . .	0.70—0.75	1.5—1.6	1.8—1.8
Wasserstoffzahl	3.4 . 10 ⁻⁴	2.5 . 10 ⁻⁴	1.8 . 10 ⁻⁴

Man erkennt aus den Zahlen dieser Versuchsreihe, dass in den Lösungen ohne Frage eine gewisse Menge einer sehr schwachen Säure vorhanden war, die sich durch Kochen vertreiben

liess; dass es sich dabei um Kohlensäure handelt, dürfte wohl am wahrscheinlichsten sein. Die Abnahme der Titrationsaziditäten unserer Lösungen ist aber nicht so bedeutend, dass die Steigerung dieser Werte bei den aufeinanderfolgenden Abläufen verschwände. Es muss also noch eine nicht flüchtige andere Säure im Laufe der Behandlung des Moores mit Wasser entstehen. Ganz besonders deutlich zeigte sich das noch bei der Untersuchung eines Ablaufes von dem Moos, und zwar dem des oberen grünen Teiles, nachdem die Gefässe vier Wochen lang gestanden hatten. Die Titrationsazidität dieser Lösung war für 100 ccm:

Ungekocht		Gekocht	
	NaOH		NaOH
11—12 ccm	10	7.2—7.3 ccm	10

Die Wasserstoffzahl in der gekochten Lösung betrug:

$$1.36—1.42 \cdot 10^{-4}$$

Die Säurebildung im Moos war also mit der Zeit noch ganz bedeutend gestiegen und durch Kochen war auch jetzt nur ein Teil der entstandenen Säure zu vertreiben. Diese Lösungen besaßen nun schon einen unverkennbar fauligen Geruch, und diese Tatsache ist es denn auch, die uns dazu veranlasst, die Zersetzung der organischen Substanz des Moores sowohl für die Ursache der Säurebildung im letzten, wie auch schon in den drei ersten Abläufen zu halten. Die langsame Abnahme der Wasserstoffzahlen trotz steigender Titrationsaziditäten beruht dann vielleicht auf der Tatsache, dass neben der Säurebildung auch eine Bildung von Ammoniak aus den Eiweissstoffen des Moores bei seiner Fäulnis einhergeht, wobei wieder die Dissoziation der Säure herabsetzende Wirkung von Salzen organischer Säuren in die Erscheinung treten muss.

Was dann zum Schluss noch die Mengen von Aluminium und Eisen angeht, die aus dem Moos aus dem Nossengrund bei der Behandlung mit Kaliumchloridlösung in die Lösung übergehen, so wären darüber noch zwei Untersuchungen anzuführen. Die eine wurde an einem Ablauf von den Sickerversuchen angestellt, bei dem an Stelle von Wasser normale Kaliumchloridlösung benutzt war. 500 ccm dieser Lösung brauchten zur Neutralisation 14.60 ccm 0.1-normale Natronlauge; an Aluminium-

und Eisenoxyd wurden durch Fällung erhalten 27.8 mg. Bei äquivalentem Ionenaustausch hätten bei ausschliesslicher Beteiligung von Aluminium 47.6 mg Aluminiumoxyd bei der Fällung sich ergeben müssen. Also auch hier ist geradeso wie beim Sphagnum aus dem Königsmoor und auch beim Torfmoor nur ein Bruchteil der zu erwartenden Menge gefunden. Bei einem anderen Versuche, bei dem 100 g des ausgepressten Moores mit 300 ccm Kaliumchloridlösung behandelt wurden, wurden auf 200 ccm der Lösung 4.4 ccm 0.1-normaler Natronlauge verbraucht und durch Fällung 6.3 mg der Sesquioxide erhalten. Diese Angaben müssen vorläufig zur Frage nach der Beteiligung von Tonerde und Eisen an der Neutralsalzzersetzung durch Sphagnummoos genügen; eingehendere Untersuchungen werden später dieser Frage noch gewidmet werden.

Fassen wir nun die Ergebnisse der Untersuchungen des zweiten Teiles der vorliegenden Arbeit, der sich mit den Aziditätserscheinungen bei frischen, noch nicht der Humifikation unterworfenen Pflanzen und Pflanzenteilen befasst, zusammen, so lassen sich folgende Sätze aufstellen:

1. Die Wasserstoffionenkonzentration der wässrigen Extrakte der meisten der untersuchten Pflanzen war derartig gross, dass der Umschlagpunkt für den Lackmusfarbstoff erreicht, zum Teil sogar überschritten wurde. Es liegt deshalb gar kein Grund vor, die mit Lackmusfarbstoff festgestellte Azidität von Pflanzenauszügen, wie es WIELER getan hat, auf Adsorptionerscheinungen von Kolloiden zurückzuführen; es genügen vollkommen die aus den Pflanzen in Lösung gehenden Säuren, um die Rotfärbung des Lackmusfarbstoffes zu bewirken.

2. Die nicht zu bezweifelnde Anwesenheit von Säuren in den Pflanzen bedingt infolgedessen, dass auch bei der Zersetzung von Natrium- und Calciumazetat durch die Pflanzenstoffe reine Säurewirkung eine Rolle spielt. Die stets im Vergleich zu den Auszügen mit Wasser höheren Titrationsaziditäten in den Natrium- und Calciumazetatlösungen machen es aber doch besonders unter Berücksichtigung der chemischen Natur der genannten Salze wahrscheinlich, dass auch Adsorptionerscheinungen der kolloiden Pflanzenstoffe bei ihrer Zersetzung eine Rolle spielen.

3. Die bei der Einwirkung von echten Neutralsalzen (Kaliumchlorid) auf manche Pflanzen zu beobachtende Steigerung der Titrationsazidität führt zu keiner entsprechenden Steigerung der Wasserstoffionenkonzentration. Da gleichzeitig als Folge der Behandlung der Pflanzen mit Kaliumchloridlösung ein Übertritt von Aluminium und Eisen in die Lösung erfolgt, so dürfte diese Art der Neutralsalzzersetzung auch bei den frischen Pflanzen als Ionenaustausch aufzufassen sein.

Jena, 15. November 1916.

Betrachtungen über die chemische Bodenanalyse.

Von

EILH. ALFRED MITSCHERLICH-Königsberg i. Pr.

(Mit einer Textabbildung.)

Seit einer Reihe von Jahren beschäftigen wir uns mit dem Problem der chemischen Bodenanalyse; d. h. damit, diejenigen Nährstoffmengen im Boden festzustellen, welche unsere Kulturpflanzen aus ihm aufzunehmen und zu verwerten vermögen. — Wir haben so in einer Reihe von Arbeiten¹⁾ zunächst die Lösungserscheinungen und die Lösungsgesetze studiert, und versuchten dann in einer Reihe von anderen²⁾ teilweise noch nicht veröffentlichten Arbeiten durch Vegetationsversuche den Anschluss an diese Lösungserscheinungen zu erhalten. Da uns Letzteres noch nicht gelang, erschien es uns erforderlich, zunächst mit den einfachsten Verhältnissen zu arbeiten, um die pflanzenphysiologischen Grundlagen, auf welchen die chemische Bodenanalyse aufgebaut werden muss, sicher zu stellen. Wir arbeiteten seitdem bei unseren Vegetationsversuchen nicht mit einem beliebigen Boden, dessen Einfluss auf einen Nährstoff völlig unbekannt war und äusserst kompliziert sein konnte, sondern mit reinem Sande und wählten als Nährstoff dieses Bodens ein uns bekanntes Düngemittel, welches dem Boden einverleibt wurde, und dessen Wirkung wir somit als die eines „Bodenbestandteiles“ studieren konnten. Mit anderen Worten schien uns als Vorstufe zur

¹⁾ 1. Mitteilung, Landw. Jahrb. Bd. XXXVI, S. 309 u. f.; 6. Mitteilung, Landw. Jahrb. Bd. XXXIX, S. 299 u. f.; 16. Mitteilung, Landw. Jahrb. Bd. LXVI, S. 413 u. f.

²⁾ 3. Mitteilung, Landw. Jahrb. Bd. XXXVIII, S. 537 u. f.; 4. Mitteilung, Landw. Jahrb. Bd. XXXIX, S. 133 u. f.; 9. Mitteilung, Landw. Versuchs-Stationen Bd. LXXV, S. 231 u. f.; 17. Mitteilung, Landw. Jahrb. Bd. IL, S. 335 u. f.

Grundlegung einer chemisch-pflanzenphysiologischen Bodenanalyse die pflanzenphysiologische Düngemittelanalyse der einzig gangbare Weg.

Wir sind — wie man dies aus unseren letzten Veröffentlichungen¹⁾ leicht entnehmen kann — noch keineswegs soweit gekommen, dass wir sagen können, dass die pflanzenphysiologischen Gesetzmässigkeiten für uns bereits soweit geklärt sind, dass wir an den weiteren Ausbau einer chemischen Bodenanalyse herantreten können.

Solange dies aber nicht der Fall ist, muss es zwecklos sein, das Lösungsverfahren und das bei der Bodenanalyse anzuwendende Lösungsmittel als solches festzulegen. Nur soviel muss hier erwähnt sein, dass nach unseren Untersuchungen sich in allen Bodenarten, die wir hierbei heranzogen, in mit Kohlensäure gesättigtem Wasser ungefähr ebensoviel Phosphorsäure löste, wie in heisser zehnprozentiger Salzsäure; und dass nur die Zeit und Art der Einwirkung danach gewählt werden muss. (Das Verhältnis von Wasser zu Boden ist für diesen Fall möglichst gross zu nehmen und die Extraktion möglichst oft zu wiederholen.) Über Beides haben wir absichtlich bei unseren Bodenuntersuchungen nie Vorschriften gemacht. Es war uns dies nicht möglich, weil uns die hierzu erforderlichen pflanzenphysiologischen Grundlagen, die einzig und allein der Vegetationsversuch zu geben vermag, noch fehlten, und auch heute noch fehlen!

Jedenfalls können wir unter keinen Umständen so den Ansichten LEMMERMANNS²⁾ beipflichten, dass die in mit Kohlensäure gesättigtem Wasser löslichen Salze eines Bodens nicht das Maximum der den Pflanzen zur Verfügung stehenden Nährstoffmengen bilden. — Im Gegenteil rechnen wir bestimmt darauf, dass, wenn das Problem der chemischen Bodenanalyse überhaupt zu lösen ist, uns die Lösungserscheinungen des Bodens, die wir bei Behandlung desselben mit mit Kohlensäure gesättigtem Wasser feststellen durften, als wesentliche Grundlage dabei dienen werden.

¹⁾ 17. Mitteilung l. c.

²⁾ O. LEMMERMAN, A. EINCKE und L. FRESSENIUS, „Untersuchungen über die Feststellung des Wirkungswertes der Bodennährstoffe Phosphorsäure und Kali durch den Vegetationsversuch und die Bestimmung ihrer relativen Löslichkeit durch Säuren. Landw. Versuchs-Stationen Bd. LXXXIX, 1916 S. 84.

Da die soeben zitierte Arbeit von O. LEMMERMANN, A. EINECKE und L. FRESSENIUS sich auch mit dem Problem der chemischen Bodenanalyse befasst, welches uns seit Jahren beschäftigt, da die ungemein fleissige Arbeit hier ein umfangreiches Beobachtungsmaterial bietet, und auf diesem die weitgehendsten Schlüsse aufbaut, so erscheint es nicht ganz unangebracht, diesen auch einem weiteren Kreise gegenüber ohne jede Polemik unsere wissenschaftlichen Erfahrungen zu einer Kritik gegenüber zu stellen. Ich gehe nicht gern an diese Arbeit heran, zumal LEMMERMANN¹⁾ einst eine Kritik unserer Arbeiten sehr ins Persönliche gezogen hat; fühle mich, als nächster Fachgenosse, aber trotzdem hierzu um unserer Wissenschaft willen verpflichtet, und glaube selbst in den folgenden Ausführungen keine Veranlassung zu persönlichen Erwidierungen zu geben. Jedenfalls liegt mir jedweder persönliche Angriff durchaus fern!

Über die Untersuchung der Löslichkeitsverhältnisse der Bodenarten können wir selbst nur soviel sagen, dass wir unsererseits noch nicht dazu imstande sind, die Bedingungen zu fixieren, welche am meisten der Aufnahme der Nährstoffe durch die Pflanze entsprechen.

Jeder Versuch in dieser Richtung ist also von vornherein möglich und nicht zu beanstanden! Es dürfte vielleicht dabei nur der Erwägung wert sein, ob man die Azidität einer Flüssigkeit so wählt, dass sie vor der Extraktion verschiedener Bodenarten gleich ist, oder so, dass sie vor, während und auch am Schlusse der Extraktion bei verschiedenen Bodenarten konstant bleibt. Denn da — je nach dem Gehalt eines Bodens z. B. an kohlensauren Erdalkalien — mehr oder weniger Kohlensäure durch die als lösendes Agens benutzte Säure ersetzt wird, so muss diese Säure bald bei einem Boden mehr, beim anderen weniger abgestumpft sein, und damit ihre Wirkung auf die weiterhin zu lösenden Bodennährstoffe bei verschiedenen Bodenarten eine verschiedene werden. Es bleibt ferner zu erwägen, ob man hier wie in der Natur das Säurequantum zum Volumen des Bodens, oder — wie dies bislang üblich war — zum Gewicht des Bodens in Beziehung setzen soll u. a. m. — kurzum es gibt unendlich viele Methoden, nach denen man Pflanzennährstoffe aus einem Boden lösen kann. Eine hat von

¹⁾ Landw. Jahrb. 1911, Bd. XL, S. 257—261.

diesen bald ebensoviel Berechtigung wie jede andere, sofern man nicht den Beweis für die Übereinstimmung der Ergebnisse mit der Pflanzenproduktion zu erbringen vermag!

LEMMERMANN hat hier eine Reihe von diesen Methoden an fünf verschiedenen Bodenarten untersucht. Mit einer von diesen möchte er die Vegetationsversuche in Übereinstimmung sehen. Die Vegetationsversuche bilden somit also die Grundlage für die chemische Analyse, und diese haben wir danach eingehend zu besprechen.

LEMMERMANN arbeitet nach HELLRIEGEL in Sandkulturen, und — es ist vielleicht ein recht glücklicher Gedanke, dass er hier die Phosphorsäure der Düngemittel durch „Bodenphosphorsäure“ ersetzt, indem er den Sandmengen geringe Bodenmengen, welche je 0.183 g Phosphorsäure enthielten, zusetzte. Es ist vielleicht hierdurch angängig, die bei der notwendigen Anwendung verschiedener Bodenarten sehr leicht mögliche physikalische oder anderweitig chemische Beeinflussung der Vegetation auf ein Mindestmaß zurückzuführen.

Als Vergleichsdüngung mit der Bodenphosphorsäure zieht LEMMERMAN die gleiche und die doppelte Düngung mit Ammoniumbiphosphat-Phosphorsäure heran. Die Resultate dieser Vergleichsdüngung müssen uns nun zunächst beschäftigen.

1914 wurde italienisches Raigras eingesät. Es wurden drei Schnitte genommen. Im Herbst wurde der Boden aufgelockert, die Narbe zerschnitten und untergebracht. Im Frühjahr 1915 wurde wieder italienisches Raigras eingesät und im Sommer darauf zwei Schnitte genommen.

Die Versuchsergebnisse dieser fünf Schnitte waren die folgenden:

Tabelle I.

Bei einer Düngung von	Erträge in Gramm Trockensubstanz beim		
	1. Schnitt 1914	2. Schnitt 1914	3. Schnitt 1914
1. 0.000 g P_2O_5	1.37 ± 0.07	1.08 ± 0.12	1.15 ± 0.04
2. 0.138 " " als $(NH_4)_3HPO_4$	6.23 ± 0.09	6.74 ± 0.09	3.21 ± 0.04
3. 0.366 " " "	5.54 ± 0.22	7.48 ± 0.17	3.35 ± 0.12
Differenz 3. — 2.:	− 0.67 ± 0.24	+ 0.74 ± 0.19	+ 0.14 ± 0.13

Bei einer Düngung von	Erträge in Gramm Trockensubstanz beim	
	1. Schnitt 1915	2. Schnitt 1915
1. 0.000 g P_2O_5	2.53 ± 0.04	1.16 ± 0.03
2. 0.138 " " als $(NH_4)_2HPO_4$. .	5.35 ± 0.10	4.25 ± 0.08
3. 0.366 " " " "	6.44 ± 0.35	5.52 ± 0.06
Differenz 3. — 2.:	-1.09 ± 0.36	1.27 ± 0.11

Die vorstehenden Zahlen zeigen, dass bei den ersten vier Grasschnitten der Mehrertrag, welcher durch die höhere Phosphorsäuregabe erzielt wurde, innerhalb der Versuchsfehler liegt; nur im letzten Falle tritt er deutlich in Erscheinung. Da wir aber zunächst kein Urteil darüber haben, inwieweit zum letzten Schnitte noch Erntesubstanzen beim Abschluss der Versuche zugeführt wurden, können wir dieser positiven Erscheinung zunächst nicht allzugrosse Bedeutung beimessen.

LEMMERMANN sagt nämlich:

„17. August. II. Schnitt. Die Ernte wurde vorgenommen, weil der Boden der verschiedenen Reihen an P erschöpft scheint.

9. September. Abschluss der Versuche. Nach dem 2. Schnitt zeigten die Pflanzen keine Triebkraft mehr; bei den meisten Gefässen starben die Pflanzen ab. Vielleicht war hieran auch die ungünstige Witterung beteiligt, wodurch die Kulturen öfter mehrere Tage hintereinander unter Dach gehalten werden mussten.

Die letzten Grasreste wurden abgeschnitten mit den vorhergehenden Ernten vereinigt.“

Durch das letzte Verfahren werden die Erträge des letzten 2. Schnittes im Jahre 1915 fehlerhaft und unvergleichbar. Nehmen wir z. B. an, was nach Obigem wahrscheinlich ist, dass bei den Gefässen, welche die höhere Phosphorsäuregabe erhalten hatten, noch Gras gewachsen war, bei den anderen nicht, so haben wir diese Grasmengen nicht mehr den anderen Ernten zuzufügen.

Tun wir das, so stehen die Pflanzen nicht mehr unter den gleichen Bedingungen; denn bei diesen Gefässen setzen wir dann unberechtigter Weise die Vegetationsperiode länger an und lassen alle damit verbundenen Wachstumsfaktoren länger einwirken, als bei den Gefässen, in welchen die Pflanzen bereits abstarben. Die Grundbedingung der Konstanthaltung aller anderen Wachstumsfaktoren wird dann also nicht eingehalten!

Der Fehler, der hierdurch veranlasst wird, ist in diesem Falle aber nicht gross. Ich habe früher¹⁾ dargetan, dass es bei Vegetationsversuchen ganz gleichgültig ist, ob man z. B. den ersten Schnitt, den zweiten und den dritten Schnitt getrennt zur Untersuchung heranzieht, oder ob man die Ernten sämtlicher Schnitte vereinigt. Wir sind also berechtigt, hier das gleiche Verfahren einzuschlagen. Hierdurch werden die absoluten Zahlen grösser und die am Schluss zugeführten geringen Grasmengen können infolgedessen keinen erheblichen Fehler mehr bedingen.

Andrerseits werden die Fehler, welche beim Abschneiden der sehr geringen Graserträge dadurch entstehen, dass man den Schnitt nicht direkt über dem Boden ausführen kann, verschwinden; denn es kommt jetzt bei der fünffachen Höhe des Ertrages nur zweimal diese Unregelmässigkeit als Fehler in Betracht.

Während sich nun bei den in Tabelle I wiedergegebenen Erträgen der einzelnen Schnitte eine geringe Ertragszunahme (bis auf den ersten Versuch) zeigte, die allerdings — wie wir sahen — meist innerhalb der Versuchsfehler liegt, zeigt die Summe aller Ernten, dass doch in der Tat noch eine Ertragssteigerung durch die höhere Phosphorsäuredüngung erzielt wurde. — Wir wollen hier offen lassen, ob diese Differenz lediglich auf die Phosphorsäuredüngung und nicht vielleicht teilweise auch auf die damit gleichzeitig erhöhte Stickstoffdüngung zurückzuführen ist!²⁾

Wir lassen die Erträge der einzelnen Gefässe folgen, die wir als Summen der je fünf Einzelschnitte berechneten:

¹⁾ Landw. Versuchs-Stationen Bd. LXXXI, S. 469 u. f.

²⁾ Vergl. l. c. S. 95—97.

Tabelle II.

Gesamterträge der 5 Schnitte (Gramm Trockensubstanz)

Düngung	0.000 g P_2O_5	als $(NH_4)_2HPO_4$	
		0.183 g P_2O_5	0.366 g P_2O_5
Versuch 1	7.90	25.48	27.51
" 2	7.26	26.02	27.92
" 3	6.76	25.68	28.81
" 4	7.25	25.91	29.11
im Mittel:	7.29	25.77	28.34
±	0.15	0.09	0.30
Differenz:		2.57 ± 0.31	

Bevor wir in eine weitere Besprechung der Ergebnisse eintreten, wollen wir hier auch die einer weiteren Versuchsreihe 1915 zusammenstellen, bei welcher als phosphorsäurehaltiges Düngemittel Dicalciumphosphat, als Versuchspflanze Hafer und als Nachfrucht italienisches Raigras verwendet wurde:

Tabelle III.

Erträge in Gramm Trockensubstanz

bei einer Düngung von	an Hafer (grün geerntet)	an Raigras	im Ganzen
1. 0.000 g P_2O_5	2.31 ± 0.08	3.13 ± 0.02	5.43 ± 0.07
2. 0.183 " " als $CaHPO_4$.	4.76 ± 0.06	6.40 ± 0.37	11.16 ± 0.43
3. 0.366 " " " " .	5.31 ± 0.36	7.29 ± 0.16	12.59 ± 0.52
Differenz 3. — 2.:	0.55 ± 0.37	0.89 ± 0.40	1.43 ± 0.68

Auch hier finden wir durch die stärkere Phosphorsäuregabe Ertragszunahmen, die nur wenig ausserhalb der Versuchsfehler liegen.

Das bedeutet nach dem Gesetze der physiologischen Beziehungen, dass die Versuchsbedingungen derart gewählt wurden, dass eine noch weitere Steigerung der Phosphorsäuredüngung keine messbare Ertragssteigerung mehr zur Folge haben würde.

Uns scheint dies Ergebnis in voller Übereinstimmung mit unseren eigenen Versuchen zu stehen, da wir bei einer Gabe

von ca. 1.1 g P_2O_5 in Gestalt von Dicalciumphosphat den Höchstertrag innerhalb der Fehlergrenzen erreichten, und eine Gabe von 0.366 g dementsprechend 89 % dieses Höchstertages ergeben musste.¹⁾

Nach dieser Feststellung muss es zunächst auffallen, dass die ganze Spannungsdifferenz zwischen dem Ertrage der ohne Phosphorsäure gedüngten Gefässe und dem der mit maximaler Phosphorsäuredüngung versehenen Gefässe so ausserordentlich gering ist. Beträgt sie doch bei der Summe der fünf in zwei Vegetationsperioden erzielten Grasschnitte nur etwas mehr als 21 g Trockensubstanz und bei der Hafer-Gras-Versuchsreihe bei zwei Ernten im Ganzen nicht viel mehr als 7 g Trockensubstanz. Wie wir a. a. O.²⁾ gezeigt haben, betrachten wir dies als für die ganze Versuchsanstellung äusserst unglücklich, und es dürfte sich wohl verlohnen, hier der Ursache nachzugehen.

Auch meine Mitarbeiter und ich selbst schätzen die Arbeiten HELLRIEGELS als solche von ganz grundlegender Bedeutung und damit von klassischem Werte. Wir glauben uns dabei aber nicht zu überheben, wenn wir die Tatsache feststellen, dass auch bei HELLRIEGEL die Ertragssteigerungen nicht so hohe waren, wie die, welche TH. PFEIFFER und seine Mitarbeiter und die, welche wir selbst erzielten. Wenn trotz der dadurch bedingten grösseren Fehlerquelle die HELLRIEGELSchen Arbeiten zu epochemachenden Schlussfolgerungen führten, so lag das an der Problemstellung. Die Fragestellungen HELLRIEGELS verlangten keine scharfe Differenzierung der Versuchsergebnisse. Die Fehler der Vegetationsversuche konnten m. a. W. grösser sein und die Versuchsergebnisse gaben trotzdem eine einwandfreie Antwort auf die gestellten Fragen.

Das ist bei den Versuchen LEMMERMANNS und seiner Mitarbeiter anders. Sie erwarten von den verschiedenen Bodenarten verschieden hohe Resultate, die so genau sein sollen, dass sie eine Differenzierung dieser Bodenarten gestatten. Sie mussten also m. E. zunächst darauf bedacht sein, möglichst hohe Erträge zu erzielen. — Wenn dieses nicht gelang, so lag dies daran, dass nach dem Gesetz der physiologischen Beziehungen die anderen Wachstumsfaktoren, welche konstant gesetzt wurden, eine weitere Steigerung nicht zuliessen.

¹⁾ Landw. Versuchs-Stationen Bd. LXXV, S. 235. (Neunte Mitteilung.)

²⁾ Siebzehnte Mitteilung, Landw. Jahrbücher Bd. II, 1916, S. 341.

Als solche kommen hier nicht die klimatischen Wachstumsfaktoren in Betracht, von denen wir wissen, dass sie noch höhere Erträge gestatten, sondern lediglich die bodenkundlichen; d. s. das Wasser und die anderen Pflanzennährstoffe.

Wenn bei den Berliner Versuchen 7.3 kg des Hohenbockaer Sandes Verwendung fanden, welcher nach früheren Versuchen von mir ungefähr eine Wasserkapazität von 20 % hat, und wenn 60 % dieser Wasserkapazität an Wasser verabfolgt wurde, so entspricht dies einer Wassergabe von 13 % der 7.3 kg, d. i. von rund 900 g pro Gefäß. Nach unseren Versuchen¹⁾ muss diese Gabe ausreichen, um Erträge bis zu 70 g Trockensubstanz an Hafer in einer Vegetationsperiode zu produzieren.

Danach müssen wir also die verabfolgten Nährstoffgaben für die geringe Höhe der Erträge verantwortlich machen.

Eine Gegenüberstellung der Berliner Grunddüngung zu der Haferversuchsreihe mit der unsrigen zeigt dies zur Genüge:

Tabelle IV.

Die Verschiedenheit der Grunddüngungen.

Nährstoffe in Gramm pro Kilogramm Boden	Berliner Grunddüngungen		Königsberger Grunddüngung bei Hafer- Versuchen
	bei 2jährigen Raigras-Versuchen	bei Hafer-Gras- Versuchen	
Stickstoff	0.204	0.096	0.375
Kali	0.152	0.082	0.458
Kalk	0.724	0.803	0.125
Magnesia	0.025	0.008	0.080
Natrium	0.000	0.000	0.108
Eisen	0.100	0.000	0.000
Chlor	0.047	0.026	0.105
Schwefelsäure . .	0.094	0.069	0.055

Wir sehen hier deutlich, dass bei den Berliner Versuchen die Grunddüngung nicht zu Höchstserträgen ausreichte. Offenbar wird dies besonders durch den Vergleich der beiden Berliner Versuchsreihen. Die erste derselben, welche an Kali, Stickstoff u. a. noch die doppelten Mengen erhielt, ergab damit noch eine Ertragssteigerung von ungefähr 21 g Trockensubstanz, oder von 10.5 g pro Vegetationsperiode. Die zweite mit geringerer Grunddüngung versehene Versuchsreihe, ergab darum in einer

¹⁾ 17. Mitteilung, Landw. Jahrb. Bd. II, 1916, S. 355.

Vegetationsperiode nur noch eine Ertragssteigerung von etwas über 7 g Trockensubstanz.

Die Tatsache nun, dass die Grunddüngung nicht ausreichend bemessen wurde, ist für die ganzen weiteren Schlussfolgerungen LEMMERMANNS von einschneidender Bedeutung; denn in demselben Augenblick wird nach dem Gesetze der physiologischen Beziehungen auch z. B. durch die Steigerung der Kaligabe oder durch die Steigerung der Stickstoffgabe u. a. m. ganz ebenso wie durch die Steigerung der Phosphorsäuregabe der Pflanzenertrag von dem Gefäss gesteigert! Nach meinem Ermessen ist es aber völlig ausgeschlossen, dass man nicht auch diese Wachstumsfaktoren verändert, sobald man dem Sande Bodenmengen zuführt.

Dafür, dass aber in dem Boden den Pflanzen noch andere Wachstumsfaktoren zugeführt wurden, liefern die Versuche, welche mit 5000 g Boden, Dahlem G-Feld angestellt wurden, den Beweis, indem durch diese Bodenmenge der allein durch die Phosphorsäuredüngung erzielbare Höchstertrag von ca. 28.6 g Trockensubstanz um über 14.5 g überschritten wird! Von den weiteren Belegen, welche bei der zweiten Versuchsreihe vorliegen, will ich hier absehen!

Wir müssen also aus dem Vorhergehenden den zwingenden Schluss ziehen, dass die Erträge, welche die Berliner Forscher durch den Bodenzusatz erzielten, nicht nur durch die Zufuhr an Phosphorsäure, sondern ebenso durch die an Kali und Stickstoff u. a. bedingt wurden, und dass sie darum keinen Anhalt für die Bewertung der Bodenphosphorsäure geben können!

Der vorliegende Fehler lässt sich — um dies nochmals zu wiederholen — nur vermeiden, wenn wir soviel von jedem der anderen Nährstoffe verabfolgen, dass ein kleines Plus oder Minus keinen erheblichen Einfluss auf die Erträge mehr auszuüben vermag.

Was hier für die Versuche, welche mit Phosphorsäuredifferenzdüngung angestellt sein sollten, gesagt wurde, gilt natürlich ganz in gleicher Weise für die, bei denen ausschliesslich eine Kalidifferenzdüngung beabsichtigt war.

Hier fallen die Fehler nur weit mehr in die Augen, da die Erträge so niedrig sind, dass z. B. beim 1. Schnitt Raigras l. c. Tabelle XXI S. 172 eine maximale Düngung mit 0.366 g K_2O als KCl innerhalb der Fehlergrenzen die gleiche Trockensubstanz-

ernte ergibt, wie die kalifreie Düngung! Während die Versuche, die mit einer geringeren Gabe an Kali in Gestalt von Bodenmengen versehen wurden, fast durchweg einen über 50 % höheren Ertrag ergaben. An diesem Ergebnis ändern auch die folgenden Raigrasernten nur sehr wenig (cf. S. 185)! Besser ist die Kali-versuchsreihe, welche 1915 mit Hafer und Raigras als Nachfrucht angesetzt wurde. Da die Ernteerträge hier aber auch nur gering, die Versuchsfehler, wie sie sich aus der mangelhaften Übereinstimmung der Kontrollversuche ergeben, aber verhältnismässig gross sind, so möge es mir erspart bleiben, hier auch noch auf diese Versuche näher einzugehen, zumal für sie natürlich genau das Gleiche gilt, wie für die Phosphorsäureversuche.

Wir nehmen nun an, dass der Grundfehler, von dem wir soeben sprachen, nicht vorliegt, sondern, dass die Ertragssteigerungen lediglich durch die mit den geringen Bodenmengen verabfolgte Phosphorsäure- (bezw. Kali-) düngung bedingt wurden. und legen uns nun die Frage vor, ob jetzt diese Ertragssteigerungen mit einer chemischen Bodenanalyse in Einklang gebracht werden dürfen.

Bei der Versuchsanordnung setzte LEMMERMANN zum Sande jeweilig soviel von den einzelnen Bodenarten hinzu, wie 0.183 g Gesamt-Phosphorsäure entsprach. Die zugesetzten Mengen schwankten so bei den fünf verschiedenen Bodenarten der ersten Versuchsreihe zwischen 58.3 und 351.0 g.

Den Gehalt der Bodenarten an Gesamtphosphorsäure nimmt der Verfasser darum als Massstab, um dann mit der Ertragssteigerung die Löslichkeitsprozente der Gesamtphosphorsäure zu vergleichen. Er hat dabei aber offenbar übersehen, dass die Bodenmengen, die er so anwendet, doch ganz willkürliche sind, und dass er somit bei grösseren Mengen z. B. zu vollkommen anderen Ertragsverhältnissen kommen muss, da die Ertragssteigerungen — wie uns das Gesetz der physiologischen Beziehungen lehrt — keineswegs proportional mit der gegebenen Boden- bzw. Nährstoffmenge zunehmen!

Aus diesem Grunde sind alle Ergebnisse der Vegetationsversuche der Berliner Forscher Zufallswerte, die jedenfalls nicht als Vergleichsmassstab zur Festlegung einer chemischen Bodenanalyse dienen können.

Die Verfasser hätten ebensogut gleiche Bodenmengen (je 300 g z. B.) anwenden können, und daneben bestimmen können, wieviel zitronensäurelösliche Phosphorsäure in diesen 300 g Boden vorhanden ist. Es ist keine Frage, dass sie hier vollkommen andere Resultate erhalten hätten!

Was hier für die Phosphorsäure-Versuche gesagt wurde, hat selbstverständlich genau so für die Kali-Versuche Gültigkeit.

Lediglich dadurch, dass man in jedem einzelnen Falle die Ertragssteigerung durch mehrere Versuche, welche mit steigenden Gaben des gleichen Bodens ausgeführt werden, festlegt, vermag man jede Zufälligkeit auszuschalten. Mit der Feststellung des Wirkungsfaktors eines Bodens als Phosphorsäure-Düngemittel ist dann jede beliebige Kombination möglich. Z. B. kann man dann durch Multiplikation dieser Faktoren mit 100 und durch Division derselben durch den prozentischen Gesamtphosphorsäuregehalt des Bodens, die Wirkung der Gaben an Gesamtphosphorsäure auf den Ertrag verschiedener Bodenarten vergleichen u. a. m. — Jedenfalls ist durch eine derartige Versuchsanstellung der Ertrag einer ganz beliebig zu wählenden Bodenmenge sofort feststellbar.

Ich sehe jetzt auch hiervon ab und nehme an, dass ein Vergleich der Mehrerträge mit der aus dem Boden auf diese oder jene Weise löslichen Phosphorsäure . . . möglich wäre.

Es stellen sich dann zunächst die Erträge der ersten Versuchsreihe in Summe der fünf Schnitte wie folgt:

Tabelle V.

Erträge in Gramm Trockensubstanz bezw. Mehrerträge.

Ungedüngt	7.29 ± 0.15	—
B 1 Rodenkirchen	22.50 ± 0.21	bezw. 15.21 ± 0.26
B 5 Geest Gottberg	15.41 ± 0.20	" 8.12 ± 0.25
B 9 Standenbühl	13.79 ± 0.13	" 6.50 ± 0.20
B 11 Nieder-Zwehren	16.34 ± 0.30	" 9.05 ± 0.34
B 12 Dahlem, G-Feld	18.11 ± 0.30	" 10.82 ± 0.34

Diese Ergebnisse zeigen zunächst, dass B 9 am wenigsten, B 1 dagegen am meisten ertragsfähig war; die Bodenarten B 5, B 11 und B 12 liegen bezüglich ihrer Ertragsfähigkeit in der Mitte und ergeben nur Differenzen, die wohl noch als innerhalb der Versuchsfehler liegend betrachtet werden müssen.

Wir stellen diesen Ergebnissen nun die Ergebnisse der verschiedenen Lösungsversuche der Berliner Forscher gegenüber; müssen hierzu aber gleich bemerken, dass auch diese Versuche recht erhebliche Fehler [cf. l. c. S. 101¹⁾ u. S. 102²⁾] einschliessen.

Dass dieselben mit den vorhergehenden Ergebnissen eine Übereinstimmung zeigen, oder irgend welche bestimmte Beziehungen auch nur vermuten lassen, wird man kaum finden. Im Gegenteil kann ich mir vorstellen, dass viele andere Lösungsmittel eine gleich gute bzw. schlechte Übereinstimmung ergeben werden. Ich lasse die Zusammenstellung folgen:

Tabelle VI.

Löslichkeit der Bodenphosphorsäure in Prozent des Gesamtphosphorsäuregehaltes.

Mehrerträge	in Salzsäure 10 %	in 1 %iger Zitronensäure auf n g Boden			dgl. auf n g Gesamtphosphorsäure	
		1. Fraktion	1.-3. Fraktion	1.-10. Fraktion	1. Auszug	1.-5. Auszug
B 1 = 15.21 ± 0.26	83.7	26	50	69.3	47.8	64.3
B 12 = 10.82 ± 0.34	78.0	32	44	59	39.3	50.1
B 11 = 9.05 ± 0.34	100.0	21	35	über 57	22.9	41.9
B 5 = 8.12 ± 0.25	89.5	7	16	36	11.4	25.7
B 9 = 6.50 ± 0.20	70.4	14	27	49	15.7	30.0

Bei den letzten Lösungsversuchen haben die Verfasser die Einwirkung derart gewählt, dass die gleiche Menge einprozentiger Zitronensäure nicht auf die Gewichtseinheit Boden, sondern auf die gleiche Gewichtsmenge der in den verschiedenen Bodenarten vorhandenen Gesamtphosphorsäure einwirkte.

Es ist keine Frage, dass hierdurch eine mehr oder weniger willkürliche Änderung der Lösungsbedingungen vorgenommen wurde, welche aber wohl darin ihre Berechtigung hat, dass auch bei den Vegetationsversuchen die gleiche Wassermenge pro Gefäss auf die gleiche in Gestalt verschiedener Bodenarten gegebene Menge an Gesamtphosphorsäure einwirkte. Das, was wir aber damals sagten, dass dabei eine besondere Willkür vorliegt, trifft auch hier zu; man wird auch hier nur zu einem objektiven Verfahren unter den unzähligen subjektiven Möglichkeiten gelangen, wenn man auf die betreffenden Grundlagen,

die Lösungsgesetze, zurückgreift, denen wir lediglich darum früher unsere Arbeit zugewandt haben.

Um auch der zweiten Versuchsreihe von LEMMERMANN gerecht zu werden, habe ich die Mehrerträge derselben sowie die „Relative Löslichkeit“ der Phosphorsäure in Prozenten in Figur 16 in Koordinaten eingetragen. Beim Betrachten derselben wird man wohl zu dem Ergebnisse gelangen, dass danach von bestimmten Beziehungen zwischen diesen beiden Grössen garnicht die Rede sein kann! Dies war ja nach Art der Versuchsanstellung für uns auch garnicht zu verlangen oder zu erwarten.

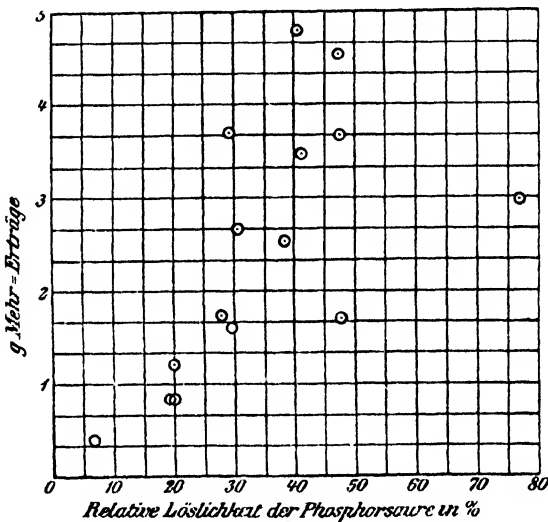


Fig. 16.

Auf die Ergebnisse der Kaliversuche einzugehen, scheint sich damit zu erübrigen, dass hier LEMMERMANN selbst — da die Lösungsergebnisse in einprozentiger Zitronensäure mit den Mehrerträgen nicht zum besten übereinstimmen — anderen Lösungsmitteln, wie zehnprozentiger Salzsäure, den Vorzug geben will. — Es kommt hinzu, dass die Versuchsfehler der Vegetationsversuche verhältnismässig gross, die Mehrerträge aber z. T. wiederum recht geringe sind. — Prinzipiell würden unsere Erörterungen über diese Versuchsreihen natürlich sonst den gleichen Gang nehmen, wie die über die Phosphorsäure-Versuchsreihen.

Fassen wir zum Schluss unsere Untersuchungen, die wir an der Hand der Arbeit von LEMMERMANN, EINECKE und FRESSENIUS ausführten, zusammen, so können wir zunächst nicht den von den Verfassern auf S. 117 und S. 121 hervorgehobenen Sätzen beipflichten, die lauten:

„Die von uns angewandte Methode der Versuchsanstellung (sowohl der Art der Vegetationsversuche, als auch der Art der chemischen Analyse) hat sich also auch bei diesen Versuchen wieder als brauchbar und empfehlenswert für weitere Versuche erwiesen.“ und

„Jedenfalls dürfte es erlaubt sein, aus allen bisherigen Ergebnissen die Folgerung zu ziehen, dass die Bestimmung der relativen Löslichkeit der Bodenphosphorsäure mit Hilfe einer 1 %igen Zitronensäurelösung es uns gestattet, den physiologischen Wirkungswert der Bodenphosphorsäure in zufriedenstellender Weise zum Ausdruck zu bringen und dass sie deshalb ein wertvolles Hilfsmittel zur Charakterisierung der Böden ist.“

Der Beweis hierfür ist jedenfalls durch die vorliegende Arbeit, so ungemein fleissig sie auch durchgeführt ist, nicht erbracht worden; er konnte nicht durch sie erbracht werden, da die grundlegenden Vegetationsversuche nicht entsprechend angestellt wurden.

Wir möchten nochmals hervorheben, dass es vielleicht ein recht glücklicher Gedanke ist, den Boden gewissermassen als Düngemittel den Sandkulturen zuzusetzen. Dabei muss aber allererste Voraussetzung sein, dass durch diesen Bodenzusatz lediglich nur der eine Wachstumsfaktor (z. B. Phosphorsäure) verändert wird, dessen Wirkung auf den Ertrag man studieren will. Werden gleichzeitig durch die Düngung mit Boden noch andere Wachstumsfaktoren geändert, so darf das nur geschehen, wenn diese sonst in ausreichender Menge bei den Versuchen gegeben wurden, so dass der durch eine Maximalgabe von Phosphorsäure z. B. erzielbare Höchstertrag dadurch nicht mehr beeinflusst wird.

Ferner ist es erforderlich, den Wirkungswert der Phosphorsäure eines Bodens zu bestimmen, indem man Versuche mit verschiedenen grossen Bodenbeimengungen durchführt. (Vielleicht ähnlich wie es von den Verfassern mit dem Boden „Dahlem G-Feld“ durchgeführt wurde.) — Ein Vegetationsversuch, bei

dem nur eine einzige Gabe Boden verabfolgt wird, könnte nur dann für den Boden massgebend sein, wenn der erzielbare Höchstertrag und der erzielbare Minimalertrag einwandfrei festgestellt werden, und die Versuchsergebnisse selbst nur geringe Schwankungen in den Kontrollversuchen aufweisen; und wenn man ferner dabei noch die Voraussetzung machen kann, dass die Bodenbeimengung keinen chemischen oder chemisch-physikalischen Einfluss auf irgend einen anderen Nährstoff, den man bei den Versuchen zusetzen muss, ausübt!! — Da man diese Voraussetzung wohl schlechterdings nicht machen kann, wird man von einer Abstufung in der Bodengabe nicht absehen können!

Einzig und allein, weil uns diese Verhältnisse im Boden noch zu kompliziert sind, und es uns daher erforderlich schien, die gegenseitige Beeinflussung der Pflanzennährstoffe erst bei Anwendung reiner Salze zu studieren, einzig und allein aus diesem Grunde haben wir unsere Untersuchungen über die chemische Bodenanalyse noch zurückstellen müssen.

Da uns hier unsere Arbeiten wieder neue Wege gewiesen haben, so kann es leicht sein, dass wir bei unseren beschränkten Institutsverhältnissen noch jahrelange Vorarbeiten machen müssen, ehe wir von uns aus diese Untersuchungen aufzunehmen in der Lage sind. Es würde mich freuen, wenn bis dahin vielleicht auf einfacherem Wege das Berliner Institut die für die ganze Landwirtschaft so überaus wichtige Frage in einwandfreier Weise gelöst haben sollte!

Königsberg, den 11. Januar 1917.

Mitteilung der staatlichen chemischen Kontrollstation und Samenkontrollanstalt in Kristiania.

Über die polarimetrische Stärkebestimmung in Körnern und Müllercierzeugnissen.

Von

SIGMUND HALS (Ref.) und SVERRE HEGGENHOUGEN.

Wer in der praktischen Futtermittelkontrolle tätig gewesen ist, wird oft als unzweckmässig empfunden haben, dass die verschiedenen Kohlenhydrate usw. von den am leichtesten verdaulichen bis zu den vollständig unverdaulichen in der Analyse in einer Gruppe der sogenannten stickstofffreien Extraktstoffe vereinigt werden. Für die Praktiker — Landwirte, Händler und Fabrikanten — die nicht immer die nötigen Kenntnisse der Charakter der vielen verschiedenartigen Futtermittel besitzen, wird es schwer verständlich sein, dass die Nährstoffe der genannten Gruppe in einem Fall sehr wertvoll sein können und im wesentlichen den Nährwert des betreffenden Futtermittels bedingen, während in einem anderen Fall die in der Analyse auf derselben Weise bezeichnete Stoffgruppe für die Ernährung kaum oder nur wenig in Betracht kommt. Es ist nicht unwahrscheinlich, dass der hohe Gehalt „stickstofffreier Extraktstoffe“, die sogar sehr stark verholzte Pflanzenteile aufweisen können, in der Richtung gezogen hat, dass Handelsfuttermitteln mit grösseren Mengen derartiger Bestandteile ein vielleicht höherer Gebrauchswert beigemessen worden ist, wie sie verdienen, und dass dieser Umstand im Laufe der Zeit der Landwirtschaft bedeutende Verluste verursacht hat.

Besonders muss es in der Futtermittelanalyse als eine schwere Lücke bezeichnet werden, dass wir bis in die letzten

Jahre keine praktisch brauchbare Methode besitzen für die Bestimmung des besonders in den Körnerarten und Müllereierzeugnissen in reichlichen Mengen vorkommenden leichtverdaulichen Kohlenhydrats Stärke. Ja, man kann wohl sagen, dass eine wirksame Handelskontrolle betreffend des Futterwerts der Müllereiprodukte nicht möglich ist ohne eine rasch durchführbare und hinreichend sichere Stärkebestimmungsmethode. Auf vielen anderen Gebieten würde selbstverständlich eine solche Methode auch von ausserordentlich grossem Wert sein.

Von den in Vorschlag gebrachten Stärkebestimmungsverfahren hat die polarimetrische in den letzten Jahren die Aufmerksamkeit auf sich gelenkt und ist ziemlich viel in den Vordergrund getreten. Immerhin hat diese Methode, trotz der grossen Einfachheit und Handlichkeit, die sie charakterisiert, sich nicht in den analytischen Laboratorien allgemein einzubürgern vermocht. Aus leicht verständlichen Gründen hat man Zweifel über ihre Zuverlässigkeit gehegt. Die verschiedenen vorgeschlagenen Arbeitsweisen sind wohl auch nicht so allseitig durchgeprüft und ausgebildet worden wie es wünschenswert wäre.

Wir haben uns seit längerer Zeit mit Untersuchungen über die polarimetrische Stärkebestimmung beschäftigt, und werden im folgenden über unsere Ergebnisse und Erfahrungen auf diesem Gebiete berichten.

Die spezifische Drehung der Stärke wird in der Fachliteratur ziemlich verschieden angegeben¹⁾ je nach der Art des Lösungsmittels und des Herstellungsverfahrens der reinen Stärke. Für die polarimetrische Stärkebestimmung sind Säuren und Salzlösungen in Vorschlag gebracht, durch welche die Stärke teils ohne Wärmezufuhr, teils unter Erwärmen dauernd in Lösung gebracht wird.²⁾

Dieser Prozess kann sich jedoch kaum vollziehen ohne einen gewissen Abbau der Stärke. Um völlig konstante Resultate bei der Polarisation zu erhalten, ist es deswegen notwendig, dass die Auflösung der Stärkelösung unter ganz bestimmten Temperaturverhältnissen vorgenommen wird.

¹⁾ Vergl. F. BEILSTEIN, Handbuch der organischen Chemie. H. LANDOLT, Das optische Drehungsvermögen organischer Substanzen II. Aufl., S. 538, Braunschweig 1898.

²⁾ Näheres hierüber siehe J. KÖNIG, Die Untersuch. landw. wichtiger Stoffe, IV. Aufl., S. 284. Berlin 1911.

Wird, wie vorgeschlagen, Wasser + starke Mineralsäuren als Lösungsmittel benutzt, muss in der analytischen Praxis mit der Fehlerquelle gerechnet werden, dass die Temperatur des Arbeitszimmers bzw. der Chemikalien ziemlich stark variieren kann und folglich auch die Endtemperaturen der Wasser-Säuregemische und somit auch der Grad des Stärkeabbaus. Das gilt besonders für das LINTNER-WENGLEINSche Verfahren, nach welchem Wasser + 77-prozentige Schwefelsäure als Lösungsmittel vorgeschrieben ist. LINTNER hat später auf diese Fehlerquelle aufmerksam gemacht und hat eine Änderung des Verfahrens vorgeschlagen.¹⁾

Wenn die Auflösung der Stärke durch Wasser und starke Salzsäure nach LINTNER-BELSCHNER geschieht, übt aber auch die Zimmertemperatur einen deutlich nachweisbaren Einfluss auf die Ergebnisse. So haben wir die spezifische Drehung der Reisstärke auf + 203.0 Kreisgrade bestimmt,²⁾ wenn wir nach LINTNER-BELSCHNER im kalten Zimmer (12.5°) arbeiteten. Beim Arbeiten im warmen Zimmer (20.5°) war aber das Drehungsvermögen auf + 199.3° gesunken.³⁾ Die Observationen waren in beiden Fällen bei gewöhnlicher Zimmertemperatur ausgeführt.

Es muss deshalb als eine prinzipielle Vervollkommnung der polarimetrischen Stärkebestimmung bezeichnet werden, jedenfalls was Stärkemehl betrifft, wenn EWERS⁴⁾ eine vorher verdünnte Säure und eine bestimmte Einwirkungstemperatur — den Kochpunkt des Wassers -- vorgeschrieben hat.

Es liegt auf der Hand, dass die Stärke durch das EWERSsche Auflösungsverfahren (Kochen in Wasserbad 15 Minuten mit 1.124-prozentiger Salzsäure) verhältnismässig stark abgebaut werden muss und dass die berechnete spezifische Drehung der Stärke dementsprechend niedrig ausfallen muss. Die EWERSsche Stärkelösung zeigt ja auch ein bedeutendes Reduktionsvermögen gegenüber FEHLINGS Lösung (Glukose) und gibt mit Jodlösung eine ausgesprochene rote oder rotviolette Farbe (dextrinartige Körper).

¹⁾ Chem.-Zeitung Bd. 36, 1912, S. 639.

²⁾ Über die Untersuchungs- und Berechnungsweise siehe unten.

³⁾ Vergl. C. J. LINTNER, Über polarimetrische Stärkebestimmung. Zeitschrift für Untersuchung der Nahrungs- und Genussmittel Bd. 16, 1908, S. 509.

⁴⁾ Zeitschrift für öffentl. Chemie 1908, Bd. 14, S. 8 (Ref. Zeitschrift für Untersuchung der Nahrungs- und Genussmittel Bd. 18, 1909, S. 224). Die Originalarbeit ist uns leider nicht zugänglich.

Durch die untenstehenden Observationen wird der Einfluss der Kochzeit auf die berechnete spezifische Drehung der Stärke (Reisstärke 2.5 g — 100 ccm) illustriert. Abgesehen von den verschiedenen Kochzeiten und der Substanzmenge wurde nach EWERS Vorschrift gearbeitet:

Versuch Nr.	Kochzeit Minuten	Spezifische Drehung der Stärke Kreisgrade ¹⁾
1	3	205.9
2	6	201.5
3	11	189.4
4	15	183.7
5	28	163.5
6	60	118.7
7	120	74.6
8	180	62.9
9	240	60.2

Wenn die Kochzeit z. B. von 6 bis auf 15 Minuten, also mit 9 Minuten ausgedehnt wird, ist somit die berechnete spez. Drehung der Stärke von 201.5° bis auf 183.7°, also mit 17.8° gesenkt worden entsprechend durchschnittlich 1.98° pro 1 Minute Kochzeit.

Bei den Versuchen 1 und 2 wurde nach dem Kochen mit starker Salzsäure aufgefüllt, da die Stärke nach dem Kühlen sich sonst wieder ausscheidet. Dieser Säurezusatz ist nicht ganz ohne Einfluss auf den Drehungswinkel, was die folgenden Versuche mit Maisstärke zeigen:

		Spez. Drehung der Stärke Kreisgrade
1.	25 ccm Stärkelösung nach EWERS mit Wasser auf 100 ccm gebracht	184.5
2.	" " " " mit schwacher Salzsäure ²⁾ auf 100 ccm gebracht	186.1
3.	" " " " mit starker Salzsäure ³⁾ auf 100 ccm gebracht	187.4

Dieselbe Beobachtung hat EWERS³⁾ für Kartoffelstärke gemacht.

¹⁾ Hier und unten ist + Polarisation gemeint.

²⁾ Die Konzentration der Säure nach dem Auffüllen hatte bei Versuch 1 und 2 $\frac{1}{2}$ bzw. $\frac{1}{1}$ der Säurekonzentration einer nach LINTNER-BELSCHNER hergestellten Stärkelösung.

³⁾ Zeitschr. öff. Chemie 1915, Bd. 21, S. 232 (Ref. Chem.-Zeitg. Bd. 40, 1916, S. 130).

Durch Auflösen verschiedener Stärkemengen (0.05 g bis 5.0 g) nach EWERS haben wir gefunden, dass der Drehungswinkel sehr nahe proportional der Stärkemenge ist. Doch scheint es, dass die kleineren Stärkemengen verhältnismässig ein wenig schwächer polarisiren wie die grösste. Untersuchungen hierüber haben wir, wie später näher erläutert ist, besonders mit 5 g und 2.5 g Stärkemehl ausgeführt und haben durch Polarisation 7 verschiedene Stärkemehlsorten nach EWERS durchschnittlich gefunden:

	Spez. Drehung der Stärke Kreisgrade
Unter Verwendung von 5 g Stärkemehl auf 100 ccm . . .	184.6
„ „ „ 2.5 „ „ „ „ . . .	182.7

Um die Brauchbarkeit und Zuverlässigkeit der polarimetrischen Stärkebestimmung für Körner und Müllereierzeugnisse zu untersuchen, haben wir eine Reihe vergleichende Bestimmungen durch Inversion und Polarisation in Stärkemehlen und in den genannten Produkten ausgeführt. Wir werden demnächst unsere Arbeitsweise näher besprechen.

Stärkebestimmungen durch Inversion.

Die Stärkebestimmungen auf chemischem Wege haben wir nach der bekannten LINTNERSchen Inversionsmethode durchgeführt (3 g Substanz, 3stündiges Kochen mit 200 ccm Wasser + 16 ccm Salzsäure, spez. Gew. 1.125). Der Gesamt-Glukosewert der Inversionsflüssigkeit wurde durch Reduktion mittels FEHLINGS Lösung nach KJELDAHLS Verfahren¹⁾ festgestellt. Für die aufgelösten Pentosen und — was Körner und Müllereiprodukte betreffen — auch für den Glukosewert des invertierten Wasserauszugs haben wir, wie näher unten erwähnt, Korrekturen eingeführt.

Inversionsversuche mit einer 1 %igen, statt die vorgeschriebene 2 %ige, Salzsäure ergaben, dass die erstgenannte Säure für isoliertes Stärkemehl ausreicht. 7 verschiedene Stärkemehlsorten zeigten nämlich durch 3stündiges Kochen mit 1 %iger Salzsäure durchschnittlich 0.19 % höheren Glukosewert (als Stärke berechnet) wie durch das Kochen mit 2 %iger Säure.

¹⁾ J. KÖNIGS Handbuch, II. Aufl., 1906.

Auf Körnern und Müllereiprodukten verwendet, gab aber die 2 %ige Säure in den meisten Fällen höhere Werte. (1 bis 2 % Stärke.)

Unsere Versuche zeigen ferner, dass die 1 %ige Salzsäure ziemlich genau dieselben Mengen von Pentosanen in Lösung bringt wie 2 %ige Säure. Inwiefern die aufgelösten Pentosane durch die schwächere Säure ebenso vollständig hydrolysiert werden wie durch die stärkere, entzieht sich unserer Beobachtung.

Um eine Stärkelösung zu erhalten, die möglichst frei von fremden Stoffen wäre, konnte der Gedanke nahe liegen, zuerst die Stärke durch eine schwache Säurebehandlung in Lösung zu bringen und danach im Filtrat die vollständige Inversion zu bewerkstelligen.¹⁾ Die Pentosane ist aber teilweise in Salzsäure so leicht löslich, dass auf diesem Wege, was die genannte Stoffgruppe betrifft, vielleicht nicht viel zu erreichen ist. So zeigte es sich, dass die Hauptmasse der Pentosane schon durch die auf dem polarimetrischen Stärkebestimmungsverfahren berechnete verhältnismässig schwache EWERSsche Säurebehandlung in Lösung geht. Von Gerstenschalen und Weizenkleie wurde durch die EWERSsche Behandlung gelöst 17,99 bzw. 17,19 % Pentosanen (als Pentosen berechnet), während 29,66 bzw. 20,99 % Pentosen durch die Inversion nach LINTNER in Lösung gebracht wurden. Die letztgenannten Werte sind von der Gesamtmenge der Pentosen kaum weit entfernt.

Wir hatten jedoch keine Gelegenheit die oben berührte Frage weiter zu verfolgen und haben, wie schon bemerkt, unsere sämtlichen chemischen Stärkebestimmungen in Stärkemehlen sowie in Müllereiprodukten nach der LINTNERSchen Vorschrift ausgeführt.

Korrektion für Pentosen. Die Pentosen wurden in 50 ccm der nach LINTNER invertierten, neutralisierten und aufgefüllten Flüssigkeit bestimmt. Das Volumen wurde durch Zusetzen von Wasser und konz. Salzsäure auf 100 ccm gebracht, so dass der Säuregrad der Lösung einer Salzsäure vom spez. Gew. 1.06 entsprach, wie nach TOLLENS vorgeschrieben. Da die TOLLENSsche Methode für Pentosanbestimmungen wohl als konventionell anzusehen ist, haben wir nicht grössere Flüssigkeitsmengen

¹⁾ Vergl. die Bestrebungen in dieser Richtung von KÖNIG und SUTTHOFF. Diese Zeitschrift Bd. 70, 1909, S. 359.

verwenden wollen und haben auch geglaubt, Abstand von einer Einengung (Abdampfen bezw. Einkochen) der invertierten Flüssigkeit Abstand nehmen zu dürfen.

Die kleinen Furfurolmengen, die aus Glukose durch Salzsäuredestillation gebildet werden, haben wir nicht berücksichtigt. Nach FLINT und TOLLENS¹⁾ wird die überdestillierte Furfurolmenge durch die Gegenwart von Stärke zum Teil bedeutend herabgesetzt, so dass die genannte Korrektur für Stärkemehl und stärkereichere Müllereiprodukte jedenfalls nicht wünschenswert scheint.

Die gefundene Pentosemenge (Arabinose, Xylose) in der invertierten Flüssigkeit haben wir direkt von dem gesamten Glukosewert derselben in Abzug gebracht.²⁾ Bei den Stärkemehlen sind die Gesamtmengen von Pentosanen (als Pentosen) abgezogen, da unsere Untersuchungen zeigten, so genau wie zu erwarten war, dass die ganze Pentosanmenge hier in der invertierten Flüssigkeit aufgelöst war.

Korrektur für den Glukosewert des Wasserauszugs. Die Körnerarten und die Müllereiprodukte derselben enthalten bekanntlich nicht unbedeutende Mengen von wasserlöslichen Kohlenhydraten, die — besonders in invertiertem Zustande³⁾ — ein beträchtliches Reduktionsvermögen gegenüber der FEHLINGschen Lösung besitzen. Wenn eine möglichst genaue Bestimmung der Reinstärke angestrebt wird, muss daher hierauf Rücksicht genommen werden. Es ist zwar schwer oder unmöglich, wirklich lösliche Stoffe von den durch Enzyme in Lösung gebrachten Stoffen zu trennen; je länger die Wasserbehandlung dauert, desto grössere Stoffmengen werden gelöst. Wenn man sich aber auf Wasserbehandlung durch kürzere Zeit beschränkt, so dass die Enzyme voraussichtlich nicht viel zur Wirkung gelangen, sind die aufgelösten Stoffmengen ziemlich konstant. Aus 25 g Weizenschrot wurde durch eine $\frac{1}{2}$ - bzw. 1- und 2stündige Behandlung mit 500 ccm Wasser gelöst: 5.77 % bzw. 6.04 % und 6.71 % Trockensubstanz. Die Glukosewerte des Wasserauszugs nach LINTNER invertiert be-

¹⁾ Diese Zeitschrift Bd. 42, 1893, S. 390.

²⁾ Siehe WEISSER und ZAITSCHEK, diese Zeitschrift Bd. 58, 1903, S. 219.

³⁾ Vergl. N. P. NEUMANN und H. KALNING, H. KALNING und A. SCHLEIMER, Zeitschr. ges. Getreidew. 1913, Bd. 5, S. 41 und 199 (Ref. Zeitschrift für Untersuchung der Nahrungs- und Genussmittel 1915, Bd. 29, S. 129).

trugen: 2.74 % bzw. 2.69 % und 2.85 %. Eine Weizenkleie zeigte in derselben Weise behandelt: 6.78 % bzw. 7.33 % und 7.86 % lösliche Stoffe. Die Glukosewerte waren: 2.55 % bzw. 2.72 % und 3.01 %.

Bei unseren chemischen Stärkebestimmungen haben wir die Müllereiprodukte 1 Stunde mit Wasser von Zimmertemperatur (10 g Substanz zu 250 ccm) behandelt. Das Filtrat wurde nach LINTNER invertiert und der berechnete Glukosewert direkt von dem gesamten Glukosewert in Abzug gebracht.

Der gesamte Glukosewert : (Pentosen + Glukosewert des invertierten Wasserauszeuges) ist auf Reinstärke umgerechnet durch Multiplikation mit dem Faktor 0.948.

Stärkebestimmungen durch Polarisation.

Für unsere polarimetrischen Stärkebestimmungen haben wir einen Halbschattenapparat von SCHMIDT u. HAENSCH mit doppelter Quartskeilkompensation und Zuckerskala benutzt. Die Einzelablesungen konnten mit einer Genauigkeit von 0.1° (Ventzke) gemacht werden. Als Lichtquelle wurde elektrisches Licht verwendet.

Durch Polarisation von Stärkelösungen in verschiedenen Verdünnungen haben wir uns überzeugt, dass die abgelesenen Zuckerskalagrade genau proportional der Stärke der Stärkelösung sind. Ausserdem haben wir unser Saccharimeter mit einem Polarisationsapparat mit Kreisgradteilung unter Verwendung von Natriumlicht verglichen. Die Genauigkeit der Einzelablesungen war bei diesem Apparat 0.1 Kreisgrad. Wir haben hierdurch konstatiert, dass die beiden Apparate in allen Fällen — für Stärkemehl sowie für Müllereiprodukte — so gut übereinstimmen, wie mit Rücksicht auf die Genauigkeit des letztgenannten Apparats zu erwarten war.

Unser Saccharimeter war somit für Stärkepolarisation vollkommen brauchbar. Das Saccharimeter hat den Vorteil vor Polarisationsapparaten mit Kreisgradteilung (Na-Licht), dass sich damit gefärbte Lösungen leichter polarisieren lassen,¹⁾ was besonders in der Stärkepolarisation von grosser Wichtigkeit ist. Die Saccharimetergrade (Ventzke) werden auf Kreisgraden (Na-Licht) durch Multiplikation mit dem Faktor 0.3468 umgerechnet.²⁾

¹⁾ Siehe LANDOLT, früher zit. Stelle S. 378.

²⁾ Siehe LANDOLT, früher zit. Stelle S. 337.

Polarisation nach EWERS. Wir haben schon bemerkt, dass das EWERSsche Verfahren, wenn es sich um Stärkemehl handelt, als prinzipiell vollkommener bezeichnet werden muss, wie diejenigen Verfahren, nach welchen Wasser + starke Mineralsäuren als Lösungsmittel vorgeschrieben sind. Nach EWERS Verfahren lässt sich ausserdem sehr angenehm arbeiten. Die Lösungen sind verhältnismässig wenig gefärbt und sehr haltbar; das Polarisationsvermögen derselben hält sich ganz unverändert durch längere Zeit (12 Stunden und wahrscheinlich mehr).

Doch finden wir, dass eine Substanzmenge von 2.5 g vorteilhafter ist wie 5 g. Durch Verwendung von 2.5 g werden die Lösungen nicht so stark gefärbt. Klumpenbildung während des AuflöSENS wird leichter vermieden. Überhaupt lassen sich die Bestimmungen (Abwägung, Überführen in den Kolben) rascher und bequemer durchführen mit 2.5 g als mit 5 g.

Bei unseren vergleichenden Stärkebestimmungen haben wir uns auf das EWERSsche Verfahren beschränkt. Die meisten Bestimmungen sind sowohl mit 5 g wie mit 2.5 g durchgeführt. Für sämtliche Stärkesorten (inkl. Kartoffelstärke) und Produkte (inkl. Kartoffelpülpe) haben wir dieselbe Salzsäure benutzt (1.124 Gew.-Proz. HCl).

Systematische Untersuchungen darüber, welchen Einfluss die Menge und Art des Klärmittels auf die Drehung ausüben, haben wir nicht angestellt. Unsere Arbeit mit der Stärkepolarisation hat uns doch gelehrt, dass die Menge des Klärmittels nur in geringem Grad die Drehung beeinflusst. Ein grösserer Überschuss von Molybdänsalzlösung ist zu vermeiden, weil sonst ein unklares und in einzelnen Fällen deutlich gelbgefärbtes Filtrat erhalten wird.

Folgende Versuche betreffend des Klärmittels werden hier ausgeführt:

1. Haferstärke nach EWERS aufgelöst (5 g — 100 ccm). Durch Verwendung 0.5 bzw. 1 ccm molybdänsaures Ammoniak vorgeschriebener Stärke wurden 37.37 V° bzw. 37.42 V° abgelesen.

2. Eine Reisstärke Lösung polarisierte durch Verwendung 0.1 bzw. 10.0 ccm molybdänsaures Ammoniak 21.11 V° bzw. 20.79 V°.

3. Roggenkleie nach EWERS behandelt (2.5 g — 100 ccm) polarisierte durch Verwendung 1 bzw. 2 ccm molybdänsaures Ammoniak 4.83 V° bzw. 4.78 V°. Beide Lösungen waren ziemlich dunkel gefärbt.

4. Reisfuttermehl in derselben Weise behandelt. Polarisierung durch Verwendung 1 bzw. 4 ccm molybdänsaures Ammoniak 9.82 V⁰ bzw. 9.88 V⁰. Beide Lösungen waren dunkel gefärbt.

5. Getrocknete Kartoffelpülpe nach EWERS behandelt (5 g — 100 ccm) zeigte durch Verwendung verschiedener Mengen und Arten von Klärmitteln folgende Ablesungen:

Versuch Nr.	Klärmittel		Ventzke ⁰
1	2.5 ccm	molybdänsaures Ammoniak .	(unklar, nicht filtrierbar),
2	1	" " "	15.94 (gelbgefärbt, schwer filtrierbar),
3	0.5	" " "	15.95 (leicht filtrierbar),
4	4	" phosphor-wolframsaures Na (4-prozentige Lösung) . .	15.96 (leicht polarisierbar).

Für Müllereierzeugnisse haben wir die Menge des Klärmittels (molybdänsaures Ammoniak) durchweg auf 1—1.5 ccm bemessen unter Verwendung von 2.5 g Substanz, für Stärkemehl 0.25 ccm oder nur ein paar Tropfen. Waren die Filtrate zu stark gefärbt, was besonders für Roggenprodukte häufig der Fall ist, haben wir ein 100 mm- statt 200 mm-Polarisationsrohr verwendet. Dadurch konnten wir in den meisten Fällen sichere Ablesungen erzielen.

Das von der Versuchsstation in Berlin empfohlene Klärungsverfahren durch salzsäure-gereinigte, pulverisierte, frisch geglühte Knochenkohle (Diese Zeitschr. 1913, Bd. 81, S. 151) ist unseren Erfahrungen gemäss nicht brauchbar, indem die Knochenkohlebehandlung das Polarisationsvermögen der Auflösung deutlich herabsetzt.

Das Auswaschen der Substanz im Tiegel mit Wasser, Alkohol und Äther, wie von KÖNIG, GREIFENHAGEN und SCHOLL vorgeschlagen,¹⁾ haben wir bloss gelegentlich versucht. Wir finden aber, dass dies Auswaschverfahren zu umständlich und schwer durchführbar ist.²⁾ Es ist wohl auch kaum zu erwarten, dass die wasserlöslichen Stoffe auf diese Weise sich vollständig entfernen lassen.

Korrektion für wasserlösliche aktive Stoffe. 10 g Substanz wurde mit Wasser von Zimmertemperatur 1 Stunde in einem 250 ccm-Kolben digeriert. 50 ccm des klaren Filtrats

¹⁾ Zeitschr. f. Untersuch. der Nahrungs- und Genussmittel 1911, Bd. 22. S. 715.

²⁾ Vergl. diese Zeitschrift 1913, Bd. 81, S. 147.

(entspr. 2 g Substanz) wurden nach EWERS behandelt. Der vorgeschriebene Säuregrad der Lösung wurden durch Hinzufügen kleinerer Mengen starker Salzsäure erreicht. Nach Kühlen, Klärung usw. wurde polarisiert. Die abgelesenen Grade wurden auf 2.5 bzw. 5 g umgerechnet und von der Gesamtpolarisation nach EWERS in Abzug gebracht.

Besprechung der Ergebnisse.

Von den untersuchten Stärkemehlsorten (Tabelle I) haben wir Stärke aus Weizen, Roggen, Gerste und Hafer aus den betreffenden Körnerarten selbst hergestellt. Für das Auswaschen des aus den erweichten und zerriebenen Körnern erhaltenen Stärkemehls wurde zuerst eine ganz schwache Natronlauge benutzt, die durch mehrmaliges Waschen mit Wasser wieder entfernt wurde. Die Maisstärke stammt aus feinem Maismehl, während die Reisstärke und Kartoffelstärke Handelsprodukte sind.

Tabelle I. Stärkemehl.

Nummer	Stärkemehl aus	Wasser (Trocknungs- temp. 120°) %	Asche %	Stickstoff- substanz %	Pentosane %	Stärke (als Differenz berechnet) %
1	Weizen	10.37	0.07	0.80	1.54	87.22
2	Roggen	11.01	0.12	1.20	1.84	85.83
3	Gerste	11.70	0.07	0.52	1.61	86.10
4	Hafer	11.93	0.08	0.15	1.48	86.36
5	Reis	11.31	0.51	0.41	1.59	86.18
6	Mais	10.56	0.08	0.37	1.38	87.61
7	Kartoffel	11.06	0.39	0.09	1.35	87.11
Mittel:		11.13	0.19	0.51	1.54	86.83

Wie aus Tabelle II ersichtlich ist, haben die aus dem Gesamt-Glukosewert theoretisch berechneten Stärkeprocente durchschnittlich $86.63 - 83.80 = 2.83\%$ kleinere Werte ergeben wie die als Differenz berechneten Stärkeprocente. Wenn aber der Rein-Glukosewert in die Rechnung gestellt wird — und wir sehen keinen Grund das nicht zu tun — beträgt der oben genannte Unterschied $86.63 - 82.22 = 4.41\%$.

Tabelle II. Stärkebestimmungen in Stärkemehl durch Inversion.

Nr.	Stärkemehl aus	Gesamt-Glukosewert	Pentosen	Rein-Glukosewert	Stärke, theoretisch berechnet		Stärke (als Differenz berechnet)	Umrechnungsfaktor für Rein-Glukosewert (auf Stärke als Differenz)
		%	%	%	aus dem Gesamt-Glukosewert (Faktor = 0.9)	aus dem Rein-Glukosewert (Faktor = 0.9)		
1	Weizen . . .	93.75	1.75	92.00	84.38	82.80	87.22	0.948
2	Roggen . . .	92.35	2.09	90.26	83.12	81.23	85.83	0.951
3	Gerste . . .	92.85	1.83	91.02	83.57	81.92	86.10	0.946
4	Hafer . . .	91.70	1.68	90.02	82.53	81.02	86.36	0.959
5	Reis . . .	92.55	1.81	90.74	83.30	81.67	86.18	0.950
6	Mais . . .	94.23	1.57	92.66	84.81	83.39	87.61	0.946
7	Kartoffel . . .	94.35	1.53	92.82	84.92	83.54	87.11	0.939
Mittel:		93.11	1.75	91.36	83.80	82.22	86.63	0.948

Für unsere vergleichenden Bestimmungen haben wir die als Differenz berechneten Stärkeprozentage zugrunde gelegt. Unter Stärke (Reinstärke) verstehen wir also: Stärkemehltrockensubstanz ÷ (Stickstoffsubstanz + Asche + Pentosane). Um den Rein-Glukosewert auf Reinstärke umzurechnen, muss statt des theoretischen Faktors 0.9 der empirische Faktor **0.948** benutzt werden.¹⁾

In Tabelle III sind die polarimetrischen Bestimmungen von 7 Stärkemehlsorten zusammengestellt. Die gefundenen spez. Drehungen stimmen mit früheren Untersuchungen sehr gut überein.²⁾ Kartoffelstärke zeigt die grösste und Haferstärke die kleinste Drehung. — Aus dem Durchschnittsergebnis lassen sich die in der Tabelle IV angeführten Werte berechnen.

¹⁾ Vergl. die früher zitierte Arbeit von J. KÖNIG und Mitarbeiter und auch H. OST, Studien über Stärke. Chemiker-Zeitung 19, 1895, S. 1501.

²⁾ Die spez. Drehung der Reinstärke (2.5 g Stärkemehl — 200 ccm in 200 mm-Rohr) ist durch die folgende Formel berechnet:

$$\text{Anzahl Ventzke}^\circ \times 0.3468 \times 40$$

$$(\text{Gehalt an Reinstärke: } 100) \times 2$$

Tabelle III. Spez. Drehung der Stärke.

Nummer	Stärkemehl aus	Gehalt an Stärke (Differenz) %	Polarisation nach EWERS (5 g = 100 ccm in 200 mm-Rohr)			Polarisat. n. EWERS (2.5 g = 100 ccm in 200 mm-Rohr)			Polarisation n. LINTNER- BELSCHNER (2.5 g = 100 ccm in 200 mm-Rohr)		
			Ventzke°	Entspr. Kreigr.	Spez. Drehung Kreigr.	Ventzke°	Entspr. Kreigr.	Spez. Drehung Kreigr.	Ventzke°	Entspr. Kreigr.	Spez. Drehung Kreigr.
1	Weizen . .	87.22	46.18	16.02	183.7	22.86	7.93	181.8	25.21	8.74	200.4
2	Roggen . .	85.83	45.70	15.85	184.7	22.55	7.82	182.2	24.85	8.62	200.9
3	Gerste . .	86.10	45.85	15.90	184.7	22.70	7.87	182.8	24.97	8.66	201.2
4	Hafer . .	86.36	45.54	15.79	182.8	22.61	7.84	181.6	24.76	8.59	198.8
5	Reis . .	86.18	45.96	15.94	185.0	22.72	7.88	182.9	25.09	8.70	201.9
6	Mais . .	87.61	46.54	16.11	184.2	23.07	8.00	182.6	25.63	8.89	202.9
7	Kartoffel .	87.11	46.94	16.28	186.9	23.28	8.07	185.3	25.72	8.92	204.8
Mittel:		86.63	46.10	15.99	184.6	22.83	7.92	182.7	25.18	8.73	201.6

Tabelle IV. Durchschnittswerte für 7 Stärkesorten (Tabelle III).

	Polarisation nach EWERS (200 mm-Rohr)				Polarisation nach LINTNER- BELSCHNER (200 mm-Rohr) 2.5 g Substanz = 100 ccm	
	5 g Subst. = 100 ccm		2.5 g Subst. = 100 ccm			
5 g bzw. 2.5 g Stärke (Rein- stärke) polarisiert . . .	Ventzke°	Kreigr.	Ventzke°	Kreigr.	Ventzke°	Kreigr.
	53.21	18.46	26.35	9.14	29.07	10.08
1 Ventzke° bzw. 1 Kreigr. entspricht Stärke . . .	g	g	g	g	g	g
	0.0940	0.2709	0.0948	0.2735	0.0860	0.2480
1 Ventzke° bzw. 1 Kreigr. entspricht Stärke . . .	%	%	%	%	%	%
	1.88	5.42	3.79	10.94	3.44	9.92

Die für unsere vergleichenden Untersuchungen benutzten Proben von Müllereierzeugnissen usw. sind durch Analysen näher charakterisiert worden (Tabelle V). Die chemischen und polarimetrischen Stärkebestimmungen dieser Stoffe sind in Tabelle VI bzw. VII angeführt. In Tabelle VIII sind endlich die durch die beiden Methoden erzielten Ergebnisse miteinander verglichen.

Tabelle V. Analysen der MÜLLEREIHERZEUGNISSE usw.

Nummer	Art der Probe	Feuchtigkeit %	Asche %	Fett %	Protein %	Stickstofffreie Extraktstoffe %	Rohfaser (Weender Methode) %
1	Weizenschrot	10.34	1.86	1.67	14.34	69.45	2.34
2	Weizenkleie, stärkereich	10.69	5.10	3.32	15.27	58.52	7.10
3	Weizenschalen	10.42	6.61	3.58	13.44	53.08	12.87
4	Roggenmehl ¹⁾	13.60	1.08	1.34	9.36	73.45	1.17
5	Roggenmehl, kleiehaltig ¹⁾	12.14	3.55	2.11	14.86	63.90	3.44
6	Roggenkleie	10.37	4.76	4.14	17.57	55.68	7.48
7	Gerstenschat	10.63	2.51	2.22	13.93	65.80	4.91
8	Gerstenkleie	11.95	5.57	3.47	13.25	53.43	12.33
9	Gerstenschaln, stärkehaltig	9.37	9.46	2.30	7.21	45.47	26.19
10	Haferchat	11.24	3.03	4.11	15.49	57.02	9.11
11	Hafermehl, spelzhaltig ²⁾	8.96	2.68	5.54	13.89	61.70	7.23
12	Haferspelzen, stärkehaltig	8.91	4.38	1.36	3.44	—	—
13	Haferspelzen, stärkefrei	9.43	4.63	—	1.24	—	—
14	Reisfuttermehl, entfettet	7.58	9.81	2.72	14.37	57.15	8.37
15	Reisspelzen	—	—	—	—	—	—
16	Maismehl	8.12	0.76	1.48	8.14	80.85	0.65
17	Maisfuttermehl (Maizena)	10.99	1.21	3.76	22.62	55.42	6.00
18	Kartoffelpülpe, getrocknet	13.56	1.92	0.27	4.65	69.81	9.79

(Siehe die Tabellen VI auf S. 405, VII auf S. 406 und VIII auf S. 407.)

Wenn wir nun auf der hier geschaffenen Grundlage ein Urteil über die polarimetrische Stärkebestimmung abgeben wollen, müssen wir zuerst erinnern, dass die zum Vergleich herangezogene chemische Stärkebestimmung keineswegs als ganz sicher und zuverlässig gelten kann. Die komplizierte Stärkebestimmung durch Inversion ist unzweifelhaft mit zahlreichen Fehlerquellen behaftet, und zwar Fehlerquellen, deren Einfluss auf die Endresultate sich zum Teil jeder Kontrolle entzieht. Insbesondere können wohl die chemischen Stärkebestimmungen pentosanreicher Materialien keine grosse Genauigkeit beanspruchen, da der Pentosegehalt der Inversionsflüssigkeit, der durch eine konventionelle Methode festgestellt ist, in mehreren Fällen den Stärke-(Glukose-) gehalt vielmals übersteigt.

¹⁾ Die Proben 4 und 5 sind durch Sieben aus einer und derselben Probe Roggenschat hergestellt.

²⁾ Die Probe 11 ist durch Sieben aus Probe 10 hergestellt.

Tabelle VI. Stärkebestimmungen in Müllereierzeugnissen usw. durch Inversion.

Nummer	Art der Probe	Gesamt-Glukosewert	Glukosewert d. invertierten Wasserauszugs	Pentosen (in d. Inversionsflüssigkeit)	Rein-Glukosewert	Stärke (Faktor: 0.948)
		%	%	%	%	%
1	Weizenschrot	72.69	2.67	7.50	62.52	59.27
2	Weizenkleie, stärkereich . .	56.22	5.65	20.99	29.58	28.04
3	Weizenschalen	48.86	4.96	31.33	12.57	11.92
4	Roggenmehl	78.94	5.41	7.87	65.66	62.26
5	Roggenmehl, kleiehaltig . .	65.72	7.96	15.49	42.27	40.07
6	Roggenkleie	55.05	8.24	22.23	24.58	23.30
7	Gerstenschrot	67.40	5.31	10.63	51.46	48.78
8	Gerstenkleie	51.30	6.44	19.17	25.69	24.35
9	Gerstenschalen, stärkehaltig .	36.35	1.90	30.82	3.63	3.44
10	Haferschrot	56.02	3.83	11.32	40.87	38.74
11	Hafermehl, spelzhaltig . .	61.70	3.66	11.10	46.94	44.50
12	Haferspelzen, stärkehaltig . .	41.19	0.68	34.55	5.96	5.65
13	Haferspelzen, stärkefrei . .	38.02	0.21	38.48	— 0.67	— 0.64
14	Reisfuttermehl, entfettet . .	53.11	2.71	9.32	41.08	38.94
15	Reisspelzen	20.80	0	18.15	2.65	2.51
16	Maismehl	82.61	1.76	2.47	78.38	74.30
17	Maisfuttermehl (Maizena) . .	52.63	1.33	14.17	37.13	35.20
18	Kartoffelpülpe, getrocknet . .	70.25	1.33	6.48	62.44	59.19

Genaue Übereinstimmungen der beiden Stärkebestimmungsmethoden dürfen also überhaupt nicht erwartet werden.¹⁾ Und wenn die Ergebnisse, wie aus Tabelle VIII ersichtlich ist, teilweise in bedeutendem Grad voneinander abweichen, kann nicht ohne weiteres behauptet werden, dass der Fehler allein der polarimetrischen Methode zuzuschreiben ist.

Die Ergebnisse der beiden Methoden stimmen für die untersuchten Gerste- und Maisprodukte sehr gut überein — ja besser wie man hätte erwarten sollen. Auch für Weizenprodukte und getrocknete Kartoffelpülpe sind die Übereinstimmungen zufriedenstellend, für Roggen-, Hafer- und Reisprodukte dagegen in mehreren Fällen weniger gut.

¹⁾ Dass BELSCHNER (Bestimmung der Stärke in Cerealien durch Polarisation; Dissertation, München 1907) für Gerste und zwar ohne Berücksichtigung wasserlöslicher Stoffe gerade eine haarscharfe Übereinstimmung der Polarisations- und Inversionsmethoden erzielt hat, ist wohl kaum mehr wie ein Zufall zu bezeichnen.

Tabelle VII. Stärkebestimmungen in Müllerelerzeugnissen usw. durch Polarisation.

Nummer	Art der Probe	Polarisation n. EWERS (2.5 g = 100 ccm in 200 mm-Rohr)		Polarisation des Wasser- auszugs (2.5 g = 100 ccm in 200 mm-Rohr)		Stärke ¹⁾ (Pol. des Wasserauszugs nicht berücksichtigt)	Stärke ¹⁾ (Pol. des Wasserauszugs berücksichtigt.)
		Ventzke °	Entspr. Kreisgr.	Ventzke °	Entspr. Kreisgr.	°/o	°/o
1	Weizenschrot	15.91	5.52	0.05	0.02	60.30	60.11
2	Weizenkleie, stärkereich	7.36	2.55	— 0.01	—	27.89	27.93
3	Weizenschalen	2.75	0.95	0.04	0.01	10.42	10.27
4	Roggenmehl	15.80	5.48	— 0.31	— 0.11	59.88	61.06
5	Roggenmehl, kleiehaltig	9.78	3.39	— 0.19	— 0.07	37.07	37.79
6	Roggenkleie	4.83	1.68	— 0.31	— 0.11	18.31	19.48
7	Gerstenschrot	12.88	4.47	0.16	0.06	48.82	48.21
8	Gerstenkleie	6.59	2.29	0.31	0.11	24.98	23.80
9	Gerstenschalen, stärkehaltig	0.76 ²⁾	0.26 ²⁾	—	—	—	2.88
10	Hafereschrot	9.96	3.45	0.10	0.03	37.75	37.37
11	Hafermehl, spelzhaltig	11.44	3.97	0	0	43.36	43.36
12	Haferspelzen, stärkehaltig	0.50	0.17	0.05	0.02	1.90	1.71
13	Haferspelzen, stärkefrei	— 0.94	— 0.33	0	0	— 3.56	— 3.56
14	Reisfuttermehl, entfettet	9.88	3.43	0.27	0.09	37.45	36.43
15	Reisspelzen	0.20	0.07	0	0	0.76	0.76
16	Maismehl	19.62	6.80	0.07	0.02	74.36	74.09
17	Maisfuttermehl (Maizena)	9.09	3.15	0	0	34.45	34.45
18	Kartoffelpülpe, getrocknet	15.95	5.53	0.09	0.03	60.45	60.11

Überall (Probe Nummer 1 und 18 ausgenommen) zeigt die polarimetrische Methode, wenn das Polarisationsvermögen des Wasserauszugs in Betracht gezogen wird, kleinere Werte wie die Inversionsmethode.

Es sei hier bemerkt, dass die Polarisationen nach EWERS unter Verwendung von 5 g bzw. 2.5 g Substanz sehr gut übereinstimmen, insofern scharfe Ablesungen in ersteren Fällen überhaupt möglich waren. Die Differenzen betrugen nur wenige zehntel Prozente. Wir verzichten auf die Wiedergabe der Zahlenwerte.

¹⁾ Bei der Berechnung des Stärkegehalts ist überall die mittlere spez. Drehung 7 Stärkesorten (Tabelle III u. IV) zugrunde gelegt, nicht die spez. Drehung der einzelnen Stärkesorten.

²⁾ Mit Wasser ausgewaschen.

Tabelle VIII. Vergleichung der Ergebnisse der Stärkebestimmungen.

Nummer	Art der Probe	Stärke bestimmt durch			Stärke mehr (+) oder weniger (−) durch Polarisation wie durch Inversion	
		Inversion %	Polarisation (Pol. d. Wasser- auszugs nicht berücksichtigt) %	Polarisation (Pol. des Wasser- auszugs berücksichtigt) %	Wasser- auszug nicht berück- sichtigt %	Wasser- auszug berück- sichtigt %
1	Weizenschrot	59.27	60.30	60.11	+ 1.03	+ 0.84
2	Weizenkleie, stärkereich	28.04	27.89	27.93	− 0.15	− 0.11
3	Weizenschalen	11.92	10.42	10.27	− 1.50	− 1.65
4	Roggenmehl	62.25	59.88	61.06	− 2.37	− 1.19
5	Roggenmehl, kleiehaltig	40.07	37.07	37.79	− 3.00	− 2.28
6	Roggenkleie	23.30	18.31	19.48	− 4.99	− 3.82
7	Gerstenschrot	48.78	48.82	48.21	+ 0.04	− 0.57
8	Gerstenkleie	24.35	24.98	23.80	+ 0.63	− 0.55
9	Gerstensschalen, stärkehaltig	3.44	—	2.88	—	− 0.56
10	Haferschrot	38.74	37.75	37.37	− 0.99	− 1.37
11	Hafermehl, spelzhaltig	44.50	43.36	43.36	− 1.14	− 1.14
12	Haferspelzen, stärkehaltig	5.65	1.90	1.71	− 3.75	− 3.94
13	Haferspelzen, stärkefrei	− 0.64	− 3.56	− 3.56	− 2.92	− 2.92
14	Reisfuttermehl, entfettet	38.94	37.45	36.43	− 1.49	− 2.51
15	Reisspelzen	2.51	0.76	0.76	− 1.75	− 1.75
16	Maismehl	74.30	74.36	74.09	+ 0.06	− 0.21
17	Maisfuttermehl (Maizena)	35.20	34.45	34.45	− 0.75	− 0.75
18	Kartoffelpülpe, getrocknet	59.19	60.45	60.11	+ 1.26	+ 0.92

Wird vorausgesetzt, dass die Ergebnisse der Inversionsmethode mit der Wirklichkeit übereinstimmen, muss angenommen werden, dass die untersuchten Produkte andre aktive — und zwar linksdrehende — Körper wie die Stärke enthalten. Unsere Untersuchungen zeigen weiter, dass die Unterschiede der Ergebnisse der beiden Stärkebestimmungsmethoden mit gewissen Ausnahmen im grossen und ganzen steigen mit steigendem Schalen- gehalt (sinkendem Stärkegehalt) der betreffenden Materialien. Die linksdrehenden Körper müssten sich also vorzugsweise in den Schalen bzw. Spelzen befinden. Dass die Haferspelzen in der Tat linksdrehende Körper enthalten, zeigt aufs deutlichste die Untersuchung der Probe Nr. 13.

Der Gedanke wird hierdurch unwillkürlich auf die Pentosane gelenkt, die bekanntlich zum grössten Teil in den Schalen und Spelzen anwesend sind und die wie früher erwähnt in bedeutenden Mengen durch die Salzsäurebehandlung gelöst werden und somit neben Stärke in die Polarisationsflüssigkeit übergehen.

Es wird angenommen und man hat nachzuweisen gesucht,¹⁾ dass die Pentosane keinen Einfluss auf die optische Drehung der betreffenden Flüssigkeit ausüben. Jedoch wissen wir, dass Pentosane (Araban, Metaraban, Xylan) die aus verschiedenen Pflanzenstoffen (Stroh, Kleie usw.) durch Kochen mittelst Lauge und nachfolgender Reinigung hergestellt sind, sich als stärker oder schwächer linksdrehende Körper darstellen.²⁾ Durch Säurebehandlung werden die Pentosane bekanntlich hydrolysiert und dadurch in rechtsdrehende Zuckerarten (Arabinose, Xylose) überführt. Warum die Pentosane, die durch Salzsäure aufgelöst sind, sich als inaktive Körper verhalten sollten, ist nicht verständlich. Es müsste ja gerade ein Zufall sein, wenn die gelöste Pentosane genau so stark abgebaut wäre, dass die Linksdrehung der immer noch anwesenden Pentosane durch die Rechtsdrehung der gebildeten Pentosen eben aufgehoben wurde. Und in der Tat zeigen die linksdrehenden Körper der Spelzen verschiedener Körnerarten Säurebehandlung gegenüber demselben Verhalten wie die Pentosane, was durch die folgenden Versuche dargetan wird.

Stärkefreie Haferspelzen (Probe Nr. 19).

		Polarisation (100 mm-Rohr)
		Ventzke °
1.	5 g nach EWERS behandelt (nicht geklärt)	: 0.75
2.	Das Filtrat in Wasserbad weitere 30 Minuten gekocht	-: 0.17
3.	" " " " " 30 " "	+ 0.25
4.	" " " " " 60 " "	+ 0.64
5.	Die Haferspelzen ausgewaschen, getrocknet und nochmals nach EWERS behandelt.	: 0.53 ³⁾

Reisspelzen (Probe Nr. 20).⁴⁾

		Polarisation (200 mm-Rohr)
		Ventzke °
1.	5 g nach EWERS behandelt (nicht geklärt)	+ 0.25
2.	Das Filtrat in Wasserbad weitere 120 Minuten gekocht	+ 0.57
3.	Die Reisspelzen ausgewaschen, getrocknet und nochmals nach EWERS behandelt.	: 0.35

¹⁾ KÖNIG und Mitarbeiter, früher zit. Stelle S. 719.

²⁾ Siehe EDMUND O. VON LIPPMANN, Die Chemie der Zuckerarten. Braunschweig 1904, S. 43 u. f.

³⁾ Aus der Polarisation in 200 mm-Rohr ($\div 1.05$) berechnet.

⁴⁾ Die Probe war ganz frei von Kernbestandteilen. Die Reisspelzen sind aber an sich schwach stärkehaltig.

	Polarisation (200 mm-Rohr) Ventzke °
4. Das Filtrat aus 3 in Wasserbad weitere 120 Minuten gekocht	+ 0.23
5. 2.5 g nach LINTNER-BELSCHNER behandelt (nicht geklärt) (in 100 mm Rohr) $+ 0.22 \times 2 =$	+ 0.44
6. Die Reispelzen ausgewaschen, getrocknet und nochmals nach LINTNER-BELSCHNER behandelt (in 100 mm Rohr) $\div 0.13 \times 2 =$	$\div 0.26$

Gerstenspelzen, stärkehaltig (Probe Nr. 21).

	Polarisation (200 mm-Rohr) Ventzke °
1. 5 g nach EWERS behandelt	+ 2.01
2. Die Gerstenspelzen ausgewaschen, getrocknet und nochmals nach EWERS behandelt	$\div 0.22$

Wie untenstehende Untersuchungen zeigen, werden die Pentosane durch die Säurebehandlung nach LINTNER-BELSCHNER in weit geringerer Masse gelöst wie durch die Säurebehandlung nach EWERS.

	Haferspelzen (Probe Nr. 22) %	Gersten- spelzen (Probe Nr. 21) %	Weizenkleie, stärkereich (Probe Nr. 2) %
Pentosane (als Pentosen berechnet) durch Inversion nach LINTNER gelöst . . .	—	29.66	20.99
Pentosane (als Pentosen berechnet) durch Säurebehandlung nach EWERS . . .	18.43	17.99	17.19
Pentosane (als Pentosen berechnet) durch Säurebeh. nach LINTNER-BELSCHNER .	2.64	8.91	11.10

Es wäre dann zu erwarten, dass LINTNER-BELSCHNERS Verfahren richtigere (grössere) Werte geben würde wie EWERS Verfahren, besonders für spelzenreiche Stoffe. Und das trifft in der Wirklichkeit zu (Tabelle IX, Nr. 9 u. 12). Es kann somit kein Zweifel sein, dass die Linksdrehung der Säureauszüge verschiedener Körnerspelzen auf dem Gegenwert der Pentosanen beruht.

(Siehe die Tabelle IX auf S. 410.)

Es scheint, dass diese Fehlerquelle der polarimetrischen Stärkebestimmung sich besonders für Haferspelzen geltend macht. Die Pentosane ist zwar hier in Säure verhältnismässig schwer löslich, aber wahrscheinlich auch schwer hydrolysierbar. Die

Tabelle IX. Vergleichende polarimetrische Stärkebestimmungen.

Nummer	Art der Probe	Polarisation nach EWERS (2.5 g = 100 ccm in 200 mm-Rohr)		Polarisation n. LINTNER- BELSCHNER (2.5 g = 100 ccm in 100 mm Rohr)		Stärke durch Inversion %
		Ventzke °	Stärke %	Ventzke °	Stärke %	
2	Weizenkleie, stärkereich . . .	7.36	27.89	3.97	27.31	28.04
3	Weizenschalen	2.75	10.42	1.58	10.87	11.92
9	Gerstenspelzen, stärkehaltig .	0.76	2.88	0.56	3.85	3.44
12	Haferspelzen, stärkehaltig . .	0.50	1.90	1.67 ¹⁾	5.74	5.65
14	Reisfuttermehl, entfettet . .	9.88	37.45	5.49	37.77	38.94

mehr leichtlöslichen Pentosane in Gerstenspelzen und besonders in Weizenschalen sind vermutlich auch leichter hydrolysierbar, wodurch die Linksdrehung der Pentosanen gewissermassen aufgehoben wird.

Die in der Fachliteratur vorliegenden vergleichenden Untersuchungen zwischen LINTNER-BELSCHNERS und EWERS polarimetrischen Verfahren lassen kaum gesetzmässige Unterschiede der Ergebnisse erkennen. Durchschnittlich gibt aber das erstgenannte Verfahren die grössten Werte. So zeigte sich bei den von KÖNIG und Mitarbeitern untersuchten 18 Mustern verschiedener Mülleerzeugnisse durchschnittlich 28.50 % Stärke nach LINTNER-BELSCHNER gegen 28.06 % Stärke nach EWERS. Bei den vom Verband deutscher Versuchsstationen veranstalteten Untersuchungen²⁾ ergab das Verfahren von LINTNER-BELSCHNER besonders für Kleie aus Weizen und Roggen ausgesprochene grössere Werte wie EWERS Verfahren.

Um die Linksdrehung der Pentosane aufzuheben, haben wir geprüft, die Kochzeit von 15 bis auf 30 Minuten auszudehnen, indem wir die entsprechende spez. Drehung der Stärke in die Rechnung eingeführt haben. Hierdurch haben wir für die Haferprodukte Ergebnisse erlangt, die mit den Inversionswerten sehr gut übereinstimmten. Die Weizenprodukte zeigten aber durch diese Arbeitsweise zu hohe Werte. Um die optische Drehung der Pentosane möglichst aufzuheben, musste also die

¹⁾ Polarisiert im 200 mm-Rohr.

²⁾ Diese Zeitschrift Bd. 81, 1913, S. 145.

Kochzeit für jede einzelne Körnerart angepasst werden. Es wäre eine Möglichkeit, dass die polarimetrische Stärkebestimmung nach EWERS sich auf diese Weise etwas verschärfen liesse.

Auf Grundlage unserer Untersuchungen glauben wir aussprechen zu dürfen, dass die polarimetrische Stärkebestimmung — trotz den Fehlern und Schwachheiten, womit sie behaftet ist — in die praktischen Futtermittelkontrollen eingeführt zu werden verdient und zwar das EWERSsche Verfahren. Nach LINTNER-BELSCHNER kann ohne grössere Unannehmlichkeiten gearbeitet werden, wenn es sich um einzelne Bestimmungen handelt. Als ein täglich zu benutzendes Untersuchungsverfahren ist es aber wenig brauchbar. Ein ständiges Arbeiten mit der starken Salzsäure wäre kaum auszuhalten. Hierzu kommt, dass die Filtrate häufig so stark gefärbt sind, dass sichere Ablesungen kaum zu erreichen sind. Dieser Umstand ist überhaupt ein schwacher Punkt der polarimetrischen Stärkebestimmung.

In dem Umsatz der Müllereierzeugnisse hat die Willkürlichkeit viel zu grossen Spielraum. Eine effektive Kontrolle betreffend Futterwert bzw. Gehalt an Kernbestandteilen ist nicht möglich gewesen, wegen der Umständlichkeit der Futtermittelanalyse und wegen ihrer Unzulänglichkeit, eine Grundlage der Bewertung der hier genannten Produkte zu bilden. Das Mittel hierzu haben wir aber in der polarimetrischen Stärkebestimmung.

Wir nehmen als Beispiel zwei von uns seinerzeit untersuchte Weizenkleien, die die folgende Zusammensetzung zeigen:

Weizenkleie		
	Probe Nr. 69	Probe Nr. 70
	%	%
Feuchtigkeit	11.8	14.1
Rohasche	5.6	5.7
Rohfett	3.6	3.8
Rohprotein	19.4	14.2
Stickstofffreie Extraktstoffe ¹⁾	51.7	52.8
Rohfaser	7.9	9.4
	100.0	100.0

1) Davon Stärke (polarimetrisch bestimmt) 24.9 14.1

Die Stärkebestimmung allein gibt hier eine wertvollere Aufklärung betreffs der relativen Beschaffenheit bzw. Futterwert der betreffenden Waarenpartien wie die ganze sonstige Futtermittelanalyse. Die Stärkebestimmung sagt, dass die Probe Nr. 69 bedeutende Mengen von Kernbestandteilen enthält und dass sie somit wertvoller ist wie die Probe Nr. 70, die so stark ausgemahlen ist wie wahrscheinlich überhaupt möglich. Diese Tatsache ist nicht ohne weiteres aus den gewöhnlichen Futtermittelanalysen zu entnehmen.

Für die praktische Kontrolle der Müllereierzeugnisse bespelzter Körnerarten würde die polarimetrische Stärkebestimmung ebenfalls sehr gute Dienste leisten können. Es ist zwar so, dass der Fachmann in dem Rohfasergehalt einen sehr wertvollen Anhaltspunkt für die Beurteilung besitzt. Der Stärkeinhalt ist jedoch als ein positiver Beurteilungsfaktor viel mehr handgreiflich und allgemein verständlich.

Das Stärkeprozent ist überhaupt ein so scharfer Maßstab des Gehaltes der Müllereierzeugnisse an Kernbestandteilen, dass es als Grundlage bzw. Bewertungsfaktor für den Umsatz dieser Futtermittelklasse dienen konnte entweder allein oder mit dem Proteingehalt gemeinsam. Hiermit ist selbstverständlich nicht gemeint, dass der Futterwert proportional dem Stärkegehalt ist. Dass die Schaffung einer derartigen Grundlage für den Umsatz der Müllereierzeugnisse von sehr grosser ökonomischer Bedeutung für die Landwirtschaft sein würde, braucht nicht näher erwähnt zu werden.

Zum Schluss erlauben wir uns das EWERSSCHE Verfahren für polarimetrische Stärkebestimmungen laut unserer Untersuchungen und Erfahrungen etwas zu ergänzen.

Stärkebestimmung in Körnern, Müllereierzeugnissen und Stärkemehlen durch Polarisation.

2.5 g Substanz (1) werden mit 25 ccm Salzsäure, Stärke: 1.124 Gewichtsprozent (2), in einem 100 ccm-Kolben gleichmässig zusammengeschüttelt und mit weiteren 25 ccm derselben Säure nachgespült. Der Kolben wird nach nochmaligem Umschwenken genau 15 Minuten in ein siedendes Wasserbad (3) gestellt, wobei

während der ersten 3 Minuten mehrmals umgeschwenkt wird (4). Wenn 15 Minuten verlaufen sind, wird sofort kaltes Wasser bis zu etwa 90 ccm zugefügt, auf Zimmertemperatur (20°) abgekühlt, mit molybdänsaurem Natrium geklärt (5), aufgefüllt, filtriert und in 200 mm- (event. 100 mm-) Rohr polarisiert.

Für Körner und Müllereierzeugnisse empfiehlt es sich, wenn möglichst absolute Werte angestrebt werden, eine Korrektion für wasserlösliche aktive Körper einzuführen (6).

Die bei der Polarisation abgelesene — event. in 200 mm-Rohr korrigierte — Anzahl Kreisgrade $\times 10.94$ (oder Anzahl Ventzkegrade $\times 3.79$) gibt den Gehalt an Stärke in Prozenten an.

1. Grobkörnige Produkte dürfen vorher zermahlen werden und zwar so fein, dass sie durch ein 1 mm-Sieb gehen können. Enthält oder besteht die Probe aus harten, stärkereichen Partikeln wie Mehlkörper aus Mais, Reis usw., darf noch feiner zermahlen oder zerrieben werden.

2. Die Stärke der Salzsäure ist durch Titrieren festzustellen.

3. Man benutzt ein Wasserbad von grosser Kapazität, damit das Kochen nicht unterbrochen wird, wenn der Kolben eingestellt wird. Aus demselben Grunde muss das Wasser sich in heftigem Kochen befinden (grosse Gasflamme).

4. Das Umschwenken bezweckt nicht allein die Klumpenbildung zu vermeiden und eine gleichmässige Verteilung des Kolbeninhalts zu erzielen. Es ist auch von Wichtigkeit, dass der Kolbeninhalt durch fleissiges Umschwenken möglichst schnell und immer gleich schnell durchgewärmt wird. Passend wird 3mal pro Minute umgeschwenkt. Der Kolben darf dabei aus dem Wasserbad nicht entnommen werden.

5. Die Lösung von molybdänsaurem Natrium (oder molybdänsaurem Ammoniak) darf 120 g MoO_3 in 1 l enthalten. Für Körner und Müllereiprodukte werden 1 bis 1.5 ccm, für Stärkemehl 0.25 ccm oder ein paar Tropfen verwendet.

6. 12.5 g Substanz werden in einem 250 ccm-Kolben mit Wasser von Zimmertemperatur 1 Stunde digeriert, 50 ccm klarer Filter (= 2.5 g Substanz) wird in einem 100 ccm-Kolben 2.1 ccm Salzsäure (spez. Gew. 1.125) zugesetzt. Der Kolben wird in ein kochendes Wasserbad 15 Minuten gestellt und weiter behandelt wie für die Hauptbestimmung in der Vorschrift angegeben. Die abgelesene Anzahl Kreisgrade bzw. Ventzkegrade werden von der Ablesung der Hauptbestimmung in Abzug gebracht (Links-Polarisation ist somit zuzulegen). — Besonders die Roggenprodukte scheinen bedeutende Mengen wasserlöslicher aktiver Körper zu enthalten.

Über die Wirkung des Dicyandiamids auf das Pflanzenwachstum.

Von

TH. PFEIFFER und W. SIMMERMACHER.

(Mit 1 Textabbildung.)

Einige Versuche mit einem an Dicyandiamid ungewöhnlich reichen Kalkstickstoff haben ergeben,¹⁾ dass der genannte Bestandteil auf das Keimleben der Pflanzen keinen nachteiligen Einfluss ausgeübt, dass er in Gefässen, die mit einem aus gleichen Teilen Rosenthaler Lehm Boden und Odersand bestehenden Erdmischung gefüllt waren, das Wachstum des Hafers stark geschädigt hatte, dass er endlich auf dem freien Felde, Rosenthaler Lehm Boden, bei Anwendung von 50 kg N in Form des Kalkstickstoffs pro Hektar wirkungslos geblieben war. Wir haben gleichzeitig erwähnt, dass diese Resultate mit manchen Angaben der Literatur im Einklang stehen, dass aber auch abweichende Anschauungen vorliegen, und dass namentlich italienische Forscher dem Dicyandiamid umgekehrt günstige Eigenschaften zuschreiben oder wenigstens eine deutliche Giftwirkung erst bei Anwendung verhältnismässig grosser Mengen — 1.3 g N in Form von Dicyandiamid auf 1400 g Boden — nachweisen konnten. Zur Klärung der bestehenden Widersprüche sollen die folgenden Versuche einen Beitrag liefern.

Von unseren Zinkgefässen wurden 28 mit einer aus je 8 kg Rosenthaler Lehm Boden und 9 kg Odersand bestehenden Mischung, 32 mit je 15 kg Rosenthaler Lehm Boden beschickt. Die Grunddüngung pro Gefäss betrug:

8.3 g K_2SO_4 ,	0.5 g NaCl,
6.5 „ $CaHPO_4$,	3.0 „ $CaCO_3$.
2.0 „ $MgSO_4 \cdot 7H_2O$,	„

¹⁾ FÜHLINGS Landw. Ztg. Bd. 65, 1916, S. 207.

Der benutzte Kalkstickstoff hatte über ein Jahr in einem Sacke gelagert und enthielt 13.89 % Gesamt-Stickstoff, darunter 1.48 % N in Form von Dicyandiamid. Das betreffende Düngemittel entwickelte, nebenbei bemerkt, beim Aufheben in einer gut schliessenden Glasflasche etwas Ammoniak; 1 kg gab im Laufe von sechs Monaten 0.0722 g N an titrierte Schwefelsäure ab. Die übrigen Mengen Dicyandiamid sind in reiner Form verabfolgt worden. Bei gleichbleibender Stickstoffdüngung sollte nämlich ein stufenweise steigender Ersatz des Kalkstickstoff-N¹⁾ durch Dicyandiamid-N Platz greifen. Die Einzelheiten ergeben sich aus nachstehendem Versuchsplan:

Tabelle 1.

Lehm + Sand	Lehmboden	Kalkstickstoff-N	Dicyandiamid-N
Nummer der Gefässe		g	g
213/216	241/244	—	—
217/220	245/248	1.34	0.16
221/224	249/252	1.16	0.34
225/228	253/256	0.98	0.52
229/232	257/260	0.80	0.70
233/236	261/264	0.63	0.87
237/240	265/268	0.45	1.05
—	269/272	—	1.50

Die ausschliessliche Anwendung des Dicyandiamids zur Stickstoffdüngung haben wir auf dem Lehm-Sandgemisch nicht gewagt, und dass hierdurch tatsächlich eine völlige Vernichtung der Vegetation herbeigeführt worden wäre, wird noch gezeigt werden. Der im Kalkstickstoff enthaltene Kalk (52.84 %) wurde durch Beimischung der äquivalenten Mengen von CaCO_3 ausgeglichen, so dass in sämtlichen Gefässen die gleiche Menge Kalk — entsprechend 10.2 g CaCO_3 — vorhanden war.

Um die für die Pflanzen ausnutzbare Wassermenge²⁾ in beiden Bodenmaterialien möglichst gleich zu gestalten, wurde unter Berücksichtigung der minimalen Hygroskopizität des Oder-

¹⁾ Unter Kalkstickstoff-N verstehen wir die Differenz zwischen Gesamt-N minus Dicyandiamid-N, unbekümmert um etwa sonst vorhandene Umsetzungsprodukte.

²⁾ Vergl. unsere Feststellungen. Landw. Versuchs-Stationen Bd. 82, 1913, S. 237; Bd. 86, 1915, S. 340.

sandes, sowie des 3.5 % betragenden Wassergehaltes des Lehm-bodens, die Wassergabe für das Sand-Lehm-Gemisch auf 15 %, für den Lehm-boden auf 20 % der eingewogenen Trockensubstanz festgesetzt. Durch tägliches Wiegen der Gefässe und wiederholtes Giessen mit destilliertem Wasser, sowie durch Abschätzung des jeweiligen Pflanzengewichtes bis zur Höhe von 600 bzw. 680 g bei den beiden Versuchsreihen wurde die Bodenfeuchtigkeit dauernd möglichst konstant erhalten.

Die Aussaat von je 48 Haferkörnern erfolgte am 4. April, das Auflaufen ohne jede Schädigung sehr regelmässig am 8. April, das Verziehen der Pflänzchen auf je 24 Stück 10 Tage später. Von sonstigen Vegetationsnotizen seien die folgenden erwähnt. 29. April: weisse Blattspitzen bei allen mit Dicyandiamid gedüngten Gefässen; bei Lehm-boden etwas schwächer als beim Lehm + Sand; mit der Höhe der Dicyandiamidgabe in beiden Reihen verstärkt auftretend. 1. Mai: Beginn der Bestockung; ausser der erwähnten Schädigung noch keinerlei Unterschiede erkennbar. 14. Mai: Wirkung der N-Düngung beim Lehm-Sand deutlich hervortretend. 7. Juni: Schädigung der mit Dicyandiamid gedüngten Pflanzen kennzeichnet sich durch helle Gelbbraunfärbung der ursprünglich weissen Blattspitzen; auf Lehm-boden wieder schwächer als auf dem Bodengemisch; N-Wirkung in beiden Reihen deutlich, aber Pflanzenentwicklung auf Nr. 233/240 bzw. 265/268 nicht besser als auf Nr. 213/216 bzw. 241/244 (ohne N). 19. Juni: Hafer in Rispen; nur die stärker geschädigten Pflanzen bleiben etwas zurück. 28. Juni: Blüte des Hafers mit der erwähnten Einschränkung. 17. Juli: bei den am stärksten durch Dicyandiamid geschädigten Pflanzen Nr. 233/240 und 269/272 geringe Reifeverzögerung. Die nicht geschädigten Teile der Blätter sind noch grün, bei allen übrigen Gefässen Rotfärbung der unteren Stengelglieder und Gelbfärbung der Blätter. Am 20. Juli wurde hieraufhin zur Ernte geschritten, die nachstehende Ergebnisse lieferte.

(Siehe die Tabelle 2 auf S. 418.)

Die Ergebnisse der Parallelgefässe stimmen nach Ausweis der den Durchschnittszahlen beigefügten wahrscheinlichen Schwankungen miteinander sehr befriedigend überein, wodurch die zu ziehenden Schlussfolgerungen eine wesentliche Stütze erfahren.

Tabelle 2.

g N-Düngung	Lehm + Sand				Lehmboden			
	Nummer der Gefäße	Trockensubstanz			Nummer der Gefäße	Trockensubstanz		
		Körner	Stroh	Summa		Körner	Stroh	Summa
		g	g	g		g	g	g
—	213/216	16.3 ± 0.24	41.2 ± 0.51	57.5 ± 0.76	241/244	40.4 ± 0.79	75.5 ± 0.81	115.9 ± 1.06
1.34/0.16	217/220	52.7 ± 0.98	96.1 ± 1.93	148.8 ± 2.88	245/248	66.6 ± 0.91	100.7 ± 0.96	167.3 ± 1.78
1.16/0.34	221/224	44.9 ± 1.04	85.2 ± 0.94	130.1 ± 1.88	249/252	60.9 ± 0.70	94.0 ± 1.15	154.9 ± 1.84
0.98/0.52	225/228	31.0 ± 0.77	70.7 ± 0.93	101.7 ± 1.40	253/256	50.8 ± 0.95	83.6 ± 0.60	134.4 ± 1.33
0.80/0.70	229/232	22.0 ± 0.73	56.9 ± 1.13	78.9 ± 1.04	257/260	44.6 ± 1.35	78.1 ± 1.48	122.7 ± 2.90
0.63/0.87	233/236	17.7 ± 0.66	44.9 ± 1.16	62.6 ± 1.82	261/264	31.1 ± 0.46	72.1 ± 0.57	108.2 ± 0.77
0.45/1.05	237/240	13.6 ± 0.60	40.2 ± 0.98	53.8 ± 1.40	265/268	35.1 ± 0.73	69.8 ± 0.90	104.9 ± 1.63
0.00/1.50	—	—	—	—	269/272	16.3 ± 0.27	43.2 ± 0.32	59.5 ± 0.49

Wenn wir davon absehen, dass die durch die Stickstoffdüngung erzielten Mehrerträge an Körnern und Stroh auf dem unvermischten Lehmboden selbstverständlich niedriger ausfallen mussten, weil hier die ohne jede Stickstoffgabe erzeugte Pflanzenmasse bereits recht hoch war, so liefern beide Reihen ein in durchaus gleicher Richtung verlaufendes Ergebnis. Je höher der Gehalt der Stickstoffdüngung an Dicyandiamid gewesen ist, um so mehr macht sich ein Sinken der Ernteerträge bemerkbar. Eine direkte Pflanzenschädigung kann hieraus aber noch nicht unmittelbar gefolgert werden, denn es wäre immerhin möglich, dass das Dicyandiamid ungenutzt bliebe, und dass es daher nach und nach an für die Pflanzen verwertbarem Kalkstickstoff gefehlt haben könnte. Zur Beseitigung dieses Einwandes haben wir Berechnungen angestellt und deren Ergebnisse graphisch zur Darstellung gebracht, bei denen wir allerdings von zwei Annahmen bzw. Schätzungen ausgehen mussten. Die Wirkung der zwischen 0 und 1.34 g liegenden Kalkstickstoff-N-Düngung auf die Pflanzenproduktion fällt, wie sich u. a. aus einer früheren, mit Ammoniumnitrat durch-

geführten Versuchsreihe¹⁾ ergibt, in einen Kurvenabschnitt, der einen annähernd geradlinigen Verlauf nimmt, und der sich daraus ergebende Fehler kann getrost in den Kauf genommen werden. Ausserdem darf das im angewandten Kalkstickstoff vorhandene Dicyandiamid natürlich nicht vernachlässigt werden; seine schädigende Wirkung ist daher an der Hand der übrigen Ergebnisse abgeschätzt worden, und wir werden sehen, dass wir hierbei innerhalb der Fehlergrenzen richtig vorgegangen sind. Die Rechnung stellt sich dann für die Körnererträge der ersten Reihe wie folgt:

Körnerertrag bei 1.34 g K-N + 0.16 g D-N	52.7 g
Schädigung durch 0.16 g D-N schätzungsweise	3.0 „
Durch 1.34 g K-N zu erwartender Ertrag	55.7 g
Ohne N gefunden	16.3 „
Mehrertrag durch 1.34 g K-N	39.4 g

Bei den angewandten K-N-Mengen wären hiernach ohne gleichzeitige Anwesenheit des D-N zu erwarten gewesen:

Bei	1.34	1.16	0.98	0.80	0.63	0.45 g K-N	
	39.4	34.1	28.8	23.5	18.5	13.2 g	Mehrertrag
	16.3	16.3	16.3	16.3	16.3	16.3 „	ohne N
(a)	55.7	50.4	45.1	39.8	34.8	29.5 g	berechnete Erträge ohne D-N
	52.7	44.9	31.0	22.0	17.7	13.6 „	„ gefundene Erträge
(b)	3.0	5.5	14.1	17.8	17.1	15.9 g	Schädigung durch D-N.

Wir wollen weiter annehmen, dass auch die schädigende Wirkung steigender D-N-Gaben einen geradlinigen Verlauf genommen habe, der dann zu folgenden Ergebnissen hätte führen müssen:

Bei	0.16	0.34	0.52	0.70	0.87	1.05 g D-N	
(c)	3.2	6.9	10.5	14.1	17.6	21.2 g	Schädigung
	3.0	5.5	14.1	17.8	17.1	15.9 „	„ (nach b)
	- 0.2	- 1.4	+ 3.6	+ 3.7	- 0.5	- 5.3 g	Differenz
	± 0.98	± 1.04	± 0.77	± 0.73	± 0.66	± 0.60 „	wahrsch. Schwankung der gefundenen Körnererträge.

Der geradlinige Ausgleich der Schädigung liefert also unter Berücksichtigung der den gefundenen Körnererträgen anhaftenden wahrscheinlichen Schwankungen im allgemeinen befriedigend übereinstimmende Ergebnisse.

¹⁾ Landw. Versuchs-Stationen Bd. 88, 1916, S. 400.

Endlich bleibt noch zu ermitteln übrig, wie die Körnererträge unter den gemachten Voraussetzungen hätten ausfallen müssen:

Bei	1.34	1.16	0.98	0.80	0.63	0.45	g N
	0.16	0.34	0.52	0.70	0.87	1.05	
	55.7	50.4	45.1	39.8	34.8	29.5	g berechnet für K-N (nach a)
	3.2	6.9	10.5	14.1	17.6	21.2	„ Schädigung durch D-N (nach c)
(d)	52.5	43.5	34.6	25.7	17.2	8.3	g berechnete Erträge mit D-N.

Die Abweichungen zwischen diesen Zahlen und den entsprechenden Angaben der Tabelle 2 sind natürlich die gleichen wie die oben für die Schädigung durch D-N gefundenen Differenzen und stehen auch unter den gleichen wahrscheinlichen Schwankungen.

In der beigegeführten graphischen Darstellung (S. 422) entspricht die Linie ef dem geradlinigen Ausgleiche a, die Linie hi dem geradlinigen Ausgleiche d; die senkrechten Linien decken sich mit den gefundenen Schädigungen der Erträge durch D-N, und die stark markierten Punkte entsprechen den gefundenen Körnererträgen.

Von den übrigen Berechnungen sollen hier nur die Endergebnisse nachstehend zur Mitteilung gelangen:

Tabelle 3.

Bei K-N in Gramm							
1.34	1.16	0.98	0.80	0.63	0.45	0.00	
A. Berechnete Erträge ohne D-N (a).							
1. Stroh, Lehm + Sand.							
100.6	92.6	84.6	76.6	69.1	61.1	—	
2. Körner, Lehmboden.							
69.1	65.2	61.4	57.5	53.9	50.0	40.4	
3. Stroh, Lehmboden.							
103.2	99.5	95.8	92.1	88.5	84.8	75.5	
B. Schädigung durch D-N (b).							
1. Stroh, Lehm + Sand.							
4.5	7.4	13.9	19.7	24.2	20.9	—	
2. Körner, Lehmboden.							
2.5	4.3	10.6	12.9	17.8	14.9	24.1	
3. Stroh, Lehmboden.							
2.5	5.5	12.2	14.0	16.4	15.0	32.3	

Bei D-N in Gramm						
0.16	0.34	0.52	0.70	0.87	1.05	1.50

Vergleich der Schädigung durch D-N (c mit b).

1. Stroh, Lehm + Sand.

4.0	8.5	12.9	17.4	21.7	26.1	—
4.5	7.4	13.9	19.7	24.2	20.9	—
+ 0.5	— 1.1	+ 1.0	+ 2.3	+ 2.5	— 5.2	—
± 1.93	± 0.94	± 0.93	± 1.13	± 1.16	± 0.98	—

2. Körner, Lehm Boden.

2.7	5.8	8.8	11.9	14.7	17.8	25.4
2.5	4.3	10.6	12.9	17.8	14.9	24.1
— 0.2	— 1.5	+ 1.8	+ 1.0	+ 3.1	— 2.9	— 1.3
± 0.91	± 0.70	± 0.95	± 1.55	± 0.46	± 0.73	± 0.27

3. Stroh, Lehm Boden.

3.0	6.5	9.9	13.3	16.6	20.0	28.5
2.5	5.5	12.2	14.0	16.4	15.0	32.3
— 0.5	— 1.0	+ 2.3	+ 0.7	— 0.2	— 5.0	+ 3.8
± 1.78	± 1.84	± 1.33	± 2.90	± 0.77	± 1.63	± 0.49

Bei N in Gramm						
1.34/1.16	1.16/0.34	0.68/0.52	0.80/0.70	0.63/0.87	0.45/1.15	0.00/1.50

Berechnete Erträge mit D-N (d).

1. Stroh, Lehm + Sand.

96.6	84.1	71.7	59.2	47.4	35.0	—
------	------	------	------	------	------	---

2. Körner, Lehm Boden.

66.4	59.4	52.6	45.6	39.2	32.2	15.0
------	------	------	------	------	------	------

3. Stroh, Lehm Boden.

100.4	93.0	85.9	78.8	71.9	64.8	47.0
-------	------	------	------	------	------	------

Die angeführten Zahlen beweisen, ebenso wie die graphischen Darstellungen (Fig. 17) aufs schlagendste, dass das Dicyandiamid eine direkte Schädigung der Pflanzenproduktion bewirkt hat. Diese macht sich am stärksten auf dem Lehm-

Sand-Gemisch bemerkbar, ist aber auch auf dem Lehm Boden in unverkennbarer Weise eingetreten. Die bestehenden Unterschiede lassen sich am einfachsten durch folgende Gegenüberstellung kennzeichnen. Die durch 1 g Dicyandiamid verursachte mittlere Schädigung beträgt:

Beim Lehm + Sand = 20.2 g Körner und 44.3 g Stroh
 „ Lehm Boden = 16.9 „ „ „ 19.0 „ „

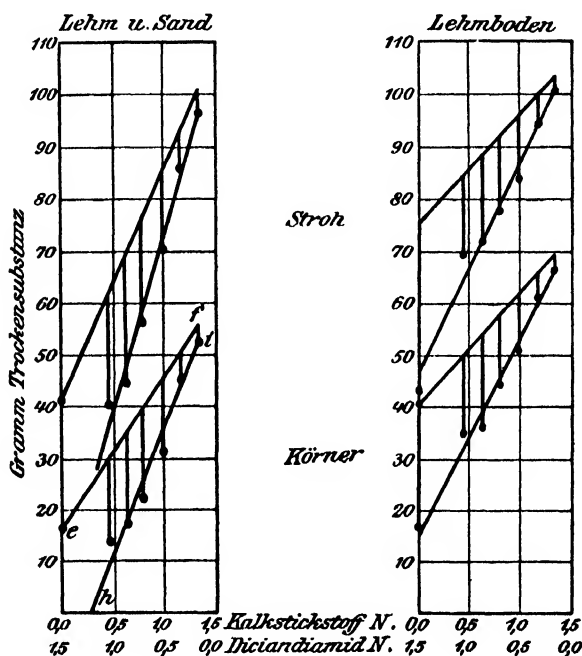


Fig. 17.

Es lässt sich ferner berechnen, dass eine ausschliessliche Düngung des Lehm-Sand-Gemisches mit Dicyandiamid zu einer völligen Vernichtung der Pflanzenproduktion geführt haben würde, was wir, wie bereits erwähnt, vermutet hatten. Für die Körnererzeugung wäre die Grenze schon früher erreicht worden, denn für 1.5 g D-N ergibt sich ein Minuswert von 14.0 g, während die Strohmenge unter diesen Verhältnissen voraussichtlich auf etwa 3.9 g gesunken sein würde. Die betreffenden Linien der graphischen Darstellung bringen auch dies klar zum Ausdruck.

Es ist ferner sehr beachtenswert, dass die Körnerproduktion unter dem Einflusse des Dicyandiamids in besonders hohem Maße zu leiden gehabt hat. Die nachstehend aus den Angaben der Tabelle 2 berechneten Zahlen lassen dies deutlich erkennen.

Tabelle 4.

Stickstoffdüngung	Auf je 100 g Stroh entfallen Gramm Körner	
	Lehm + Sand	Lehmboden
—	40	54
1.34/0.16	55	67
1.16/0.34	53	65
0.98/0.52	44	61
0.80/0.70	39	57
0.63/0.87	38	50
0.45/1.05	34	50
0.00/1.50	—	38

Die Stickstoffdüngung hat in beiden Reihen zunächst eine Besserung des Zahlenverhältnisses veranlasst, dann aber tritt mit dem zunehmenden Gehalte der N-Düngung an Dicyandiamid ein ganz regelmässiges Absinken ein, wobei der Lehmboden abermals eine etwas geringere Schädigung aufzuweisen hat.

Treten wir nunmehr der Frage näher, worauf der festgestellte schädliche Einfluss des Dicyandiamids zurückzuführen ist, so geben uns hierüber die ausgeführten Stickstoffbestimmungen Aufschluss. Wir haben versucht, das Dicyandiamid oder ähnliche leicht erkennbare Umsetzungsprodukte des Kalkstickstoffs im Stroh, wo deren Speicherung vermutlich in erster Linie stattfinden könnte, nachzuweisen, sind aber in dieser Richtung zu keinem Ergebnisse gelangt. Die Bestimmung des Eiweiss-Stickstoffs nach der STUTZERSCHEN Methode — Extraktion mit essigsäurehaltigem Alkohol und Fällung mit Kupferoxydhydrat — hat uns dagegen wertvolle Anhaltspunkte in gedachter Beziehung geliefert. Tabelle 5 bringt zunächst die unmittelbaren Ergebnisse der betreffenden Untersuchungen, zu denen bemerkt sei, dass einige Körnerproben für die Eiweissbestimmung leider nicht mehr zur Verfügung standen; wir haben deshalb diese eingeklammerten Werte nach Massgabe der betreffenden Verhältniszahlen der anderen Reihe berechnet, und da die Unterschiede

überhaupt nur gering sind, so kann hierdurch kein nennenswerter Fehler entstanden sein.

Tabelle 5.

Stickstoffgehalt der Ernteprodukte.

N-Düngung	Gesamt-N					Eiweiss-N				
	Körner		Stroh		Summa	Körner		Stroh		Summa
	g	%	g	%		g	%	g	%	
—	1.325	0.216	0.332	0.137	0.353	(0.976)	0.159	0.246	0.101	0.260
1.34/0.16	1.415	0.746	0.459	0.441	1.187	1.178	0.621	0.321	0.308	0.929
1.16/0.34	1.400	0.629	0.576	0.491	1.120	1.203	0.540	0.402	0.343	0.883
0.98/0.52	1.356	0.420	0.947	0.670	1.090	1.240	0.384	0.557	0.394	0.778
0.80/0.70	1.546	0.340	1.299	0.739	1.079	(1.146)	0.252	0.732	0.417	0.669
0.63/0.87	1.487	0.263	1.711	0.768	1.031	(1.196)	0.203	0.913	0.410	0.613
0.45/1.05	1.576	0.207	2.056	0.827	1.034	(1.112)	0.151	0.951	0.382	0.533
—	1.321	0.534	0.303	0.229	0.763	1.066	0.431	0.233	0.176	0.607
1.34/0.16	1.618	1.078	0.373	0.376	1.454	1.340	0.892	0.277	0.279	1.171
1.16/0.34	1.546	0.942	0.452	0.425	1.367	1.303	0.730	0.296	0.278	1.008
0.98/0.52	1.600	0.813	0.571	0.477	1.290	1.315	0.668	0.333	0.278	0.946
0.80/0.70	1.555	0.694	0.827	0.646	1.340	1.253	0.559	0.495	0.385	0.944
0.63/0.87	1.531	0.553	0.793	0.572	1.125	1.253	0.452	0.508	0.366	0.818
0.45/1.05	1.457	0.511	1.178	0.822	1.333	1.215	0.426	0.620	0.433	0.859
0.00/1.50	1.521	0.248	2.197	0.949	1.197	1.377	0.224	1.063	0.459	0.683

Wir entnehmen dieser Zusammenstellung in erster Linie, dass die Ausnutzung der verschiedenen Stickstoffdüngungen durch die Pflanze auf dem Lehm-Sand-Gemisch mit zunehmendem Gehalte an Dicyandiamid eine geringe Abnahme erlitten, und dass diese auf dem Lehm Boden mit einigen Schwankungen in erhöhtem Maße Platz gegriffen hat. Von 100 Teilen Dünger-N sind nämlich in der oberirdischen Pflanzensubstanz gefunden:

Tabelle 6.

N-Düngung	Lehm + Sand	Lehm Boden
1.34/0.16	55.5	46.1
1.16/0.34	51.1	40.3
0.98/0.52	49.1	35.1
0.80/0.70	48.4	38.5
0.63/0.87	45.2	24.1
0.45/1.05	45.4	38.0
0.00/1.50	—	28.9

Die verminderte Stickstoffausnutzung dürfte mit der durch die geschädigte Pflanzenproduktion bedingten geringeren Wasserverdunstung bzw. Wasserströmung im Zusammenhang stehen, da sie aber auf dem Lehm Boden stärker aufgetreten ist, so kann auch das Absorptionsvermögen des Bodens dabei eine Rolle gespielt haben. Umgekehrt lässt sich vermuten, dass der schwächere Schädlichkeitsgrad des Dicyandiamids auf dem Lehm Boden seine Erklärung in der geringeren Aufnahmefähigkeit des genannten Giftstoffes aus diesem Bodenmaterial findet. Immerhin müssen noch überall entsprechende Mengen Dicyandiamid-N in die oberirdischen Pflanzenteile gelangt sein; im äussersten Falle, bei alleiniger Anwendung von Dicyandiamid zur Stickstoffdüngung ergibt sich ein Betrag von 0 434 g.

Die Angaben der Tabelle 5 lassen ferner erkennen, dass der prozentische Gehalt der Körner an Gesamt-N nur innerhalb enger Grenzen schwankt, und dass daher die absolute Menge infolge der sinkenden Körnererträge mit den steigenden Gaben von Dicyandiamid in beiden Reihen ganz regelmässig abnimmt. Genau umgekehrt verhält sich das Stroh, in welchem der Gehalt an Gesamt-N mit den steigenden Gaben von Dicyandiamid nicht nur prozentisch, sondern auch, was mehr besagt, absolut sehr bedeutend zunimmt; die eine Abweichung in der zweiten Versuchsreihe von diesem sonst auch ganz regelmässig verlaufenden Tatbestande kann natürlich nicht erheblich ins Gewicht fallen.

Das Dicyandiamid verursacht also offenbar eine unnütze Aufspeicherung von Stickstoff in den Blättern und Stengeln der Pflanzen. Diese Feststellung brachte uns auf den naheliegenden Gedanken, mit Hilfe der STUTZERSCHEN Methode zu prüfen, wie weit das Dicyandiamid zur Bildung von Eiweissverbindungen befähigt ist. Die hierbei gewonnenen Zahlenergebnisse finden sich gleichfalls in Tabelle 5 verzeichnet.

Der Gehalt der Körner an Eiweiss-N gestaltet sich ähnlich wie derjenige an Gesamt-N und bietet daher zu keiner besonderen Bemerkung Veranlassung. Anders liegen die Verhältnisse beim Stroh. Zwar haben die steigenden Gaben von Dicyandiamid ebenfalls eine Erhöhung des prozentischen und meist auch des absoluten Gehaltes an Eiweiss-N verursacht, aber durchweg in einem sehr viel geringeren Grade als dies hinsichtlich des Gehaltes an Gesamt-N der Fall gewesen ist. Die Folge hiervon ist, dass

auch der Gehalt der Gesamternte an Eiweiss-N eine sehr viel stärkere Einbusse erlitten hat, als eine solche nach der Ausnutzung der nur qualitativ verschiedenen Stickstoffdüngung zu erwarten gewesen wäre. Das Gesagte prägt sich noch besser in den Angaben der folgenden Zusammenstellung aus, in der zur Ermöglichung eines direkten Vergleichs die Zahlen der Tabelle 6 nochmals Aufnahme gefunden haben.

Tabelle 7.

Stickstoff- düngung	Eiweiss-N-Prozent vom Gesamt-N			In der Ernte gefunden Prozent der gegebenen Düngung	
	Körner	Stroh	Körner + Stroh	als Gesamt- N	als Eiweiss- N

Lehm + Sand

—	73.6	73.7	73.7	—	—
1.34/0.16	83.3	72.8	78.3	55.5	44.6
1.16/0.34	86.9	69.9	78.8	51.5	41.5
0.98/0.52	91.4	58.8	71.4	49.1	34.6
0.80/0.70	74.1	56.4	62.0	48.4	37.3
0.63/0.87	77.2	53.4	59.4	45.2	23.5
0.45/1.05	72.9	46.2	51.5	45.4	18.2

Lehmboden

—	80.7	76.9	79.6	—	—
1.34/0.16	82.7	74.2	80.6	46.1	37.6
1.16/0.34	77.5	65.4	73.7	40.3	26.7
0.98/0.52	82.2	58.3	73.3	35.1	22.6
0.80/0.70	80.5	59.6	70.4	38.5	22.5
0.63/0.87	81.7	64.0	72.7	24.1	14.1
0.45/1.05	83.4	52.7	64.4	38.0	16.8
0.00/1.50	90.3	48.4	57.1	28.9	5.1

Das Dicyandiamid ist daher nur in einem sehr geringen Grade zur Eiweissbildung befähigt. Diese Schlussfolgerung ergibt sich am deutlichsten aus dem Versuche bei alleiniger Anwendung des D-N, bei welchem aus der aufgenommenen Stickstoffmenge von 0.434 g nur 0.076 g in Eiweiss umgebildet worden sind. Berechnet man in gleicher Weise für sämtliche Versuche die Stickstoffaufnahme und den davon zur Eiweissbildung verwandten Anteil, so ergeben sich die folgenden Reihen.

Tabelle 8.

Stickstoff- düngung	Lehm + Sand			Lehmboden		
	Auf- genommen N	Hiervon Eiweiss-N gebildet		Auf- genommen N	Hiervon Eiweiss-N gebildet	
	g	g	%	g	g	%
1.34/0.16	0.834	0.669	80	0.691	0.564	82
1.16/0.34	0.767	0.623	81	0.604	0.401	66
0.98/0.52	0.737	0.518	70	0.527	0.334	64
0.80/0.70	0.726	0.409	56	0.577	0.337	58
0.63/0.87	0.678	0.353	52	0.362	0.211	58
0.45/1.05	0.681	0.273	40	0.570	0.252	44
0.00/1.50	—	—	—	0.434	0.076	17

Wäre das Dicyandiamid im gleichen Masse wie der Kalkstickstoff zur Eiweisserzeugung befähigt, so müssten vorstehende Prozentzahlen natürlich annähernd gleich bleiben. Ihr mit zunehmender Dicyandiamid-Düngung ziemlich regelmässiges Sinken beweist jedoch vollkommen unzweideutig die Richtigkeit der bereits gezogenen Schlussfolgerung.

Es wäre nun allerdings möglich, dass man es hier lediglich mit einer sekundären Erscheinung zu tun hätte, indem zunächst infolge der allgemeinen Giftwirkung etwa Störungen der Assimilationstätigkeit einsetzen könnten, so dass es an den nötigen Baustoffen stickstofffreier Natur zur Eiweissbildung gefehlt haben würde. Eine gewisse Stütze für eine derartige Auffassung der Sachlage liesse sich vielleicht dem Umstande entnehmen, dass das Dicyandiamid jedenfalls noch in einer zweiten Beziehung schädlich gewirkt haben muss. Das Stroh ist nämlich, wie wir bereits sahen, unter dem Einflusse der Dicyandiamid-Düngung reicher an Eiweiss-N geworden, dieser hat aber für die Körnererzeugung keine Verwendung zu finden vermocht. Ähnlich wie bei einer übermässigen Phosphorsäuredüngung¹⁾ scheint demnach die Leitung der Eiweisspaltungsprodukte von den vegetativen Organen in die Reservestoffbehälter eine Störung zu erfahren, über deren eigentliche Ursache aber noch nichts bekannt ist.

¹⁾ R. PEROTTI (Chem. Centralblatt 1905, I, S. 117; nach Staz. speriment. agrar. ital. Bd. 37, S. 787) rühmt der Anwendung des Kalkstickstoffs den Eintritt der Fröhreife beim Getreide nach. Dies erinnert an die reifebeschleunigende Wirkung der Phosphorsäure und könnte möglicher Weise beim Kalkstickstoff mit einem Gehalte desselben an Dicyandiamid in Zusammenhang gebracht werden, falls unsere Vegetationsnotizen nicht eher das Umgekehrte erkennen liessen.

Vielleicht könnte es gelingen, den etwaigen Einfluss des Dicyandiamids auf den Assimilationsprozess mit Hilfe der bekannten KREUSLERSchen Methode des Zählens der von Wasserpflanzen ausgeschiedenen Sauerstoffbläschen festzustellen, doch wäre auch hierbei zu berücksichtigen, dass schon Schädigungen anderer Art einsetzen und dann indirekt zu den vermuteten Erscheinungen Veranlassung zu geben vermöchten.

Unsere vorjährigen, nicht ungünstigen Ergebnisse mit einem an Dicyandiamid ungewöhnlich reichen Kalkstickstoff auf dem freien Felde stehen in keinem Widerspruch zu vorliegenden Resultaten. Damals gelangte eine Kalkstickstoffmenge zur Anwendung, die 50 kg Gesamt-N mit 31.1 kg D-N pro Hektar entsprach. Auf die Oberfläche unserer Gefässe umgerechnet, würde sich fast genau die niedrigste diesjährige Gabe von 0.16 g D-N ergeben, und für diese konnte lediglich auf rechnerischem Wege (vergl. die Tabellen 2 und 3) eine ganz minimale Schädigung, 0.2 g Körner und 0.5 g Stroh festgestellt werden, die vollkommen innerhalb der Fehlergrenzen liegt.

Die sonst über die Wirkung des Dicyandiamids auf das Pflanzenleben in der Literatur vorliegenden Angaben bieten, wie bereits erwähnt, ein buntes Bild. M. GERLACH und P. WAGNER¹⁾ bemerken in einer ersten diesbezüglichen Veröffentlichung: „Dagegen ist das reine Dicyandiamid nicht ungefährlich“, ohne jedoch nähere Beweise anzuführen. Bei Versuchen von H. IMMENDORFF und O. THIELEBEIN²⁾ in reinem Quarzsand und einem schwach tonigen, humushaltigen Sandboden verursachten Kalkstickstoff und das daraus unter Abspaltung von Dicyandiamid entstehende, kristallisierte Kalksalz, $\text{CN}_2\text{Ca}_2(\text{OH})_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, bereits bei der Keimung eine starke Schädigung, während Dicyandiamid sich erst später im ungünstigen Sinne unter Erzeugung weisser Blattspitzen bemerkbar machte, und die betreffenden Pflanzen „kamen in der Entwicklung nicht weiter“. Angaben über die angewandten Mengen fehlen vollständig. Eine Arbeit von B. SCHULZE³⁾ bringt lediglich einen Hinweis auf die Giftwirkung des Dicyandiamids. C. v. SEELHORST und A. MÜTHER⁴⁾ haben

1) Deutsche Landw. Presse 1903, S. 367.

2) Fühlings Landw. Zeitung Bd. 54, 1905, S. 792.

3) Desgl. Bd. 56, 1907, S. 157.

4) Journal für Landwirtschaft Bd. 53, 1905, S. 349.

bei ihren Versuchen mit Gerste einen Sandboden und einen sandigen Lehm Boden benutzt. „Die Düngung mit Dicyandiamid auf Lehm Boden wirkte bei flacher und tiefer Unterbringung ziemlich gleichmässig. Die Pflanzen gingen normal auf, bekamen nach etwa 14 Tagen weisse Spitzen, die bei der flachen Unterbringung etwas stärker ausgeprägt waren, als bei der tiefen, und behielten diese Spitzen auch bei der weiteren ziemlich normalen Entwicklung. Auf dem Sand zeigten die Pflanzen bei flacher Unterbringung des Dicyandiamids sehr bald nach dem Aufgang weisse Spitzen, bei der tiefen Unterbringung erst etwa 8 Tage später. Die Pflanzen litten dann bei beiden Unterbringungstiefen so, dass sie nach 4 Wochen sämtlich abgestorben waren.“ O. LOEW¹⁾ fand, dass junge Gerstenpflanzen in einer 0.5 % Dicyandiamid enthaltenden Nährlösung ein rasch fortschreitendes Welken aufwiesen. Unter den von A. STUTZER und F. REIS²⁾ gemachten Feststellungen sind besonders bemerkenswert, dass das Dicyandiamid eine deutlich schädigende Wirkung schon bei der Keimung des Hafers und namentlich der Gerste bewirkte, dass es ferner bei einem Versuch mit Mais in einem stickstoffarmen Nährboden, sofern die Düngung 4 Wochen nach dem Aufgang der Saat verabfolgt wurde, zwar keine Wachstumsstörung verursachte, aber von den Pflanzen nicht als Stickstoffquelle verwertet zu werden vermochte. „Die Pflanzen vegetierten weiter, die unteren Blätter starben allmählich ab und der Stickstoffhunger dauerte in ungeschwächter Weise fort.“ Sonst wirkte das Dicyandiamid in Mengen, die einer Stickstoffdüngung von 30 bzw. 45 kg pro Hektar ungefähr entsprach, bei Gefässversuchen (10 kg Boden) auf verschiedene Pflanzenarten, namentlich bei Benutzung von Quarzsand, im höchsten Grade nachteilig ein. Wurde endlich Dicyandiamid in einer Menge von 30 kg N pro Hektar auf einem Hafer- und Gerstenfelde erst spät in vorgeschrittener Vegetationszeit angewandt, so war nicht die geringste Schädigung wahrnehmbar. Ganz anders lauten dagegen, worauf bereits hingewiesen wurde, die Ergebnisse von einigen italienischen Forschern. R. PEROTTI³⁾ hat eine Verzögerung der Keimung, eine deutliche Ertragsschädigung aber

¹⁾ Chemiker-Zeitung Bd. 32, 1908, S. 676.

²⁾ Journal für Landwirtschaft Bd. 58, 1910, S. 73; Biochemische Zeitschrift Bd. 25, 1910, S. 72.

³⁾ Zentralblatt für Bakteriologie, II. Abteilung, Bd. 18, 1907, S. 55.

erst bei einer Düngung mit 1.3 g N in Form von Dicyandiamid auf 1400 g eines „mageren“ Bodens, also bei einer verhältnismässig sehr hohen Gabe, nachweisen können; geringere Mengen bewirkten sogar bei den zu den Versuchen benutzten Pflanzen, Weizen, Buchweizen und Lein, eine zum Teil recht bedeutende Produktionssteigerung, doch muss hierzu bemerkt werden, dass Parallelgefässe fehlen. Der Genannte glaubt schliesslich, dass auf der Entstehung des Dicyandiamids im Boden die Verwertbarkeit des Kalkstickstoffs beruhe, und einen ähnlichen Standpunkt vertritt auch C. ULPANI.¹⁾

Es kann auf Grund der von uns gewonnenen Ergebnisse nicht im geringsten zweifelhaft sein, auf wessen Seite wir uns zu stellen haben. Der Keimungsvorgang des Hafers wurde selbst durch die höchste Gabe von Dicyandiamid in keiner Weise beeinträchtigt. Eine sehr deutliche Pflanzenschädigung machte sich jedoch im weiteren Verlaufe der Vegetation mit zunehmendem Gehalt der Stickstoffdüngung an fraglichem Bestandteil bemerkbar, und diese erstreckte sich ganz besonders auf die Körnererträge; auf dem Lehm Boden traten die genannten Erscheinungen etwas weniger hervor. Die bemerkenswerte Feststellung, dass von dem in die Haferpflanzen aufgenommenen Dicyandiamid nur ein geringer Bruchteil zur Bildung von Eiweiss Verwendung gefunden hat, sowie die weitere Tatsache, dass ausserdem unter dem Einflusse vermehrter Gaben von Dicyandiamid eine zwecklose Aufspeicherung von Eiweiss in den Blättern und Stengeln des Hafers Platz gegriffen hat, können zur Erklärung der erwähnten Pflanzenschädigung dienen. Ein an Dicyandiamid reicher Kalkstickstoff braucht trotzdem bei seiner Benutzung in der Praxis noch keine deutlich erkennbare Wachstumsstörung zu verursachen, da die angewandten Mengen verhältnismässig gering zu sein pflegen. Man wird sich aber immerhin auf den Standpunkt zu stellen haben, dass der genannte Bestandteil zum mindesten als ein für die Pflanzen wertloser Ballast bezeichnet werden muss, der sogar höchstwahrscheinlich schon in kleinen Mengen eine geringe Schädigung der Pflanzenproduktion im Gefolge hat.

¹⁾ Zentralblatt für Bakteriologie, II. Abteilung, Bd. 19, 1907, S. 337; nach Rendic. d. Soc. Chim. d. Roma Bd. 4, 1906, S. 16.

Mitteilung der landw. Versuchsstation Rostock i. M.

Über die Verluste beim Einsäuern von Rübenkraut.

Von

F. HONCAMP.

In dieser Zeitschrift Bd. 88 habe ich in Gemeinschaft mit B. GSCHWENDNER und H. MÜLLNER über experimentelle Untersuchungen betreffend den Futterwert von getrocknetem, frischem und eingesäuertem Rübenkraut und Rübenblatt und die Verluste an Roh- und verdaulichen Nährstoffen beim Einsäuern, berichtet. Hierauf habe ich von berufener Seite zwei Zuschriften erhalten. Die eine erklärt, dass die von mir beim Einsäuern von Rübenkraut festgestellten Verluste zu niedrig und in der Praxis viel grösser wären, einmal weil im landwirtschaftlichen Betriebe nicht mit solcher Sorgfalt wie bei den vorliegenden Versuchen gearbeitet werden könnte und zum anderen, weil in grossen, mehr den praktischen Verhältnissen entsprechenden Mieten die Verluste schon an und für sich wesentlich erheblichere wären. Die andere Zuschrift wiederum bezeichnet die Verluste als viel zu hoch, weil die Einmietung nicht in gemauerten Gruben stattgefunden hätte. Was den letzteren Einwand anbetrifft, so findet nach meinen Erfahrungen in der landwirtschaftlichen Praxis wohl nur ausnahmsweise ein Einmieten in gemauerten Gruben statt. In der Regel dürfte vielmehr das Rübenblatt direkt an Ort und Stelle in einfache in die Erde geschnittene Anlagen eingemietet werden, um dann je nach Bedarf mit Gespannen oder Feldbahn nach dem Hof gebracht zu werden. Selbstverständlich werden bei solchen Anlagen wohl immer die Verluste grösser sein als bei gemauerten Gruben, weil schon mit dem Sickerwasser naturgemäss auch eine Menge leicht löslicher Nährstoffe verloren gehen. Wie aber heute noch die Verhältnisse wohl in den allermeisten Rübenwirtschaften liegen, dürfe ein Einmieten von Rübenkraut in gemauerte Gruben jedenfalls nicht die Regel bilden. Im nachstehenden habe ich die

wesentlichsten Arbeiten, die sich mit den beim Einsäuern von Rübenkraut entstehenden Verlusten beschäftigt haben, zusammengestellt. Gleichzeitig möchte ich die Gelegenheit benutzen, einige in unserer Arbeit nachträglich gefundene Rechenfehler richtig zu stellen, die mir s. Z. infolge der Mobilmachung und meines Ausmarsches ins Feld insofern entgangen sind, als ich die Versuche des III. Teiles der Arbeit nicht noch einmal nachrechnen konnte.

Die ersten exakten Untersuchungen über die Verluste und Veränderungen beim Einsäuern von Rübenkraut verdanken wir wohl O. KELLNER.¹⁾ Dieser mietete 25 dz Rübenkraut, von denen 250 kg durch Stroh abgegrenzt waren, in eine einfache Grube ein. Ein anderer Teil Rübenkraut wurde in Gläsern mit Kautschukverschluss in die Mitte der Grube eingelagert. Die Einmietung dauerte reichlich 4½ Monate. Nach dem Öffnen der Miete wog der durch Stroh abgegrenzte Teil, 250 kg, nur 96.27 kg und hatte demgemäss sein Gewicht um 61.5 % vermindert, während der Inhalt der Gläser nur einige Gramm weniger wog als die eingefüllten frischen Blätter.

Unmittelbar beim Einbringen in die Grube bezw. beim Ausbringen enthielten die Blätter an Trockensubstanz:

Frisch	In eingesäuertem Zustande	
	frei in der Grube	in Glas eingemacht
14.54 %	13.86 %	8.44 %

Von 100 Teilen Trockensubstanz der zum Einmieten verwendeten Blätter waren beim Öffnen der Grube noch vorhanden:

In der Grube eingemietet	50.64 Teile
Im Glas	81.00 „

An Nährstoffen enthielt das frische und das eingesäuerte Material in der Trockensubstanz:

	Frische Blätter %	Eingesäuerte Blätter	
		in Gläsern %	frei in der Grube %
Rohprotein	26.71	23.53	21.23
Eiweiss	19.29	9.49	11.56
Nichteiweissartige Stickstoffverbindungen	7.42	14.04	9.67
Rohfett	2.59	3.20	5.02
Rohfaser	13.84	11.55	18.31
Stickstofffreie Extraktstoffe	38.44	39.54	43.44
Mineralstoffe	18.42	22.18	12.00

¹⁾ Die landw. Versuchs-Stationen 1880, Bd. 25 und KELLNER, Die Ernährung der landwirtschaftlichen Nutztiere, VI. Aufl. Verlag von Paul Parey in Berlin.

Hiernach wurden von den Einzelbestandteilen, die in 100 kg Trockensubstanz der frischen Blätter enthalten waren, in dem Sauerfutter wiedergefunden:

	Frische Blätter	Eingesäuerte Blätter		Zunahme (+) oder Abnahme (—) in Prozenten der Einzelbestandteile	
		aus Gläsern	aus der Grube	aus Gläsern	aus der Grube
	kg	kg	kg		
Trockensubstanz	100.00	82.00	50.64	— 18.0	— 49.4
Organische Substanz	81.58	63.81	44.18	— 21.0	— 45.4
Rohprotein	26.71	19.29	10.75	— 27.8	— 63.1
Nichteisweißartige Stick- stoffverbindungen	7.42	11.51	5.63	+ 55.1	— 31.8
Reinprotein	19.29	7.78	5.12	— 59.7	— 73.5
Rohfett	2.59	2.62	2.54	+ 1.2	— 1.5
Rohfaser	13.84	9.47	9.27	— 31.6	— 33.0
N-freie Extraktstoffe	38.44	32.42	22.00	— 15.7	— 42.8
Mineralstoffe	18.42	18.19	6.06	—	— 66.5
Oxalsäure	3.51	2.53	2.40	— 27.9	— 31.6

Es hat also zweifelsohne durch das Einmieten einmal ein wesentlicher Verlust an allen Nährstoffen stattgefunden, ausserdem aber auch noch eine Qualitätsverschlechterung des Futters und zwar insofern, als ein Teil des Reineisweisses in stickstoffhaltige Verbindungen nicht-eisweissartiger Natur übergeführt worden ist.

Weitere Untersuchungen in dieser Richtung stellte B. SCHULZE¹⁾ an, der Rübenblätter in kleinen Haufen, auf Ernteleitern in Bündeln an Bäume gehängt aufbewahrte und auch solche einsäuerte. Hiernach wiesen die einzelnen Proben auf sandfreie Trockensubstanz berechnet folgende Zusammensetzung auf:

	In kleinen Haufen (16. XI.) %	Auf Ernte- leitern (16. XI.) %	In Bündel an Bäume gehängt (16. XI.) %	Eingesäuerte Proben (5. II.) %
Rohprotein	13.13	18.50	14.55	11.90
Verdaul. Protein	5.87	9.57	6.92	4.28
Unverdaul. Protein	7.26	8.93	7.63	7.62
Fett	2.47	1.38	1.84	4.16
N-freie Extraktstoffe	45.19	49.94	43.29	36.31
Rohfaser	14.12	11.96	13.31	14.57
Asche	25.09	18.22	27.01	33.06
Vom Rohprotein waren verdaulich	44.71	51.73	47.56	36.81

¹⁾ Deutscher Landwirt 1896.

Hiermit ist also beim eingesäuerten Rübenblatt die Proteinverdaulichkeit ganz entschieden zurückgegangen. Abgenommen hat auch beim Sauerblatt der Gehalt an stickstofffreien Extraktstoffen, da diese bekanntlich in erster Linie den Gärungsorganismen als Nährmaterial dienen. Der Rohfasergehalt ist, wie nicht anders zu erwarten, ziemlich gleich geblieben. Abgesehen vom Aschengehalt, dessen Zunahme in Wirklichkeit ja nur scheinbar ist, hat einzig und allein das Rohfett im eingesäuerten Rübenblatt eine Zunahme erfahren. Ein Umstand, der seine Erklärung darin findet, dass bei der Ätherextraktion des Sauerfutters nicht nur Fette, sondern auch noch andere Stoffe wie Milchsäure usw. in diesen Extrakt übergehen.

In bezug auf die Proteinverdaulichkeit zu ähnlichen Resultaten kam STUTZER, welcher bei Sauerblättern aus nackten Erdgruben überhaupt keine Spur mehr von verdaulichem Eiweiss feststellen konnte, die allem Anscheine nach durch Fäulnisteils in Amidstoffe, teils in flüchtige Stickstoffverbindungen umgewandelt worden waren. Wahrscheinlich dürfte es sich jedoch hier um sehr mangelhaft eingesäuertes Material gehandelt haben.

J. KÜHN¹⁾ gibt die Verluste, welche bei der Einmietung des frischen Rübenkrautes stattfinden, zu 20 % an. Nach Untersuchungen M. MAERCKERS¹⁾ gingen während einer fünfmonatigen Lagerung 31 % der organischen Substanz und 35—39 % des Rohproteins bezw. der stickstofffreien Extraktstoffe verloren.

Ein weiterer Einsäuerungsversuch mit Rübenblatt, den F. LEHMANN-Göttingen²⁾ mit 3200 kg ausführte, ergab folgendes Resultat:

„Wenn 100 kg frische Rübenblätter an verdaulichen Nährstoffen enthalten:

Rohprotein	Fett	Kohlehydrate
1.38	0.20	7.02

dann werden davon nach dem Einsäuern wiedergewonnen:

0.37	0.11	3.11
------	------	------

Der Rest ist verloren gegangen. Die Verluste betragen also:

73 %	46 %	56 %
------	------	------

¹⁾ Citat nach D. MEYER, Futtermittel- und Getreidetrocknung. Verlag von M. Jänecke-Leipzig.

²⁾ Landwirtschaftliche Jahrbücher 1903, Ergänzungs-Band.

Auch in Hohenheim¹⁾ ausgeführte Einmietungsversuche mit Rübenblatt lassen die diesem Konservierungsverfahren anhaftenden Nachteile deutlich erkennen. Denn hiernach gerieten beim Einsäuern von Rübenblatt in Verlust: 20—50 % der ursprünglich vorhandenen Masse überhaupt, hiervon an Gesamtstickstoff sogar 28—60 % und zwar hauptsächlich die eigentlichen Eiweissstoffe. So waren von 100 Teilen des Gesamtstickstoffes der frischen Blätter 72 Teile in Form von Eiweiss, 25 Teile in anderen organischen Verbindungen und 3 Teile als Salpetersäure enthalten, während nach 4 $\frac{1}{2}$ monatlichem Einsäuern von dem übriggebliebenen Gesamtstickstoff nur 48—57 % in Eiweissstoffen und Peptonen, 43—52 % sich dagegen in anderen organischen und zwar hauptsächlich amidartigen Verbindungen vorfanden.

Dass hierbei selbstverständlich die mehr oder weniger grosse Sorgfalt, mit der das Einmieten stattgefunden hat, eine grosse Rolle spielt, zeigen Versuche von STUTZER, bei welchen untersucht wurden Rübenblätter mit Köpfen

1. im Herbst frisch,
2. in gut gemauerter und gut zugedeckter Grube bis zum März aufbewahrt,
3. in Erdgruben schlecht, ebenfalls bis zum März aufbewahrt.

Hierbei fand STUTZER mittelst künstlicher Verdauung in Prozenten der Trockensubstanz an Rohprotein:

	Verdaulich	Unverdaulich
ad 1	15.18	6.13
„ 2	11.62	8.00
„ 3	2.93	12.00

Nur das ursprünglich schon vorhandene unverdauliche Eiweiss bleibt hiernach in absoluter Menge unverändert zurück, in 3. war die Hälfte der Trockensubstanz von 1. verschwunden und daher die prozentige Menge der unverdaulichen Eiweisssubstanz schliesslich verdoppelt. Das verdauliche Eiweiss dagegen, bezw. Amid wird nach und nach durch Fäulnis zerstört und der Stickstoff als Ammoniak usw. verflüchtigt.“

Von neueren Untersuchungen sind dann vor allen Dingen die von F. TANGL und S. WEISER²⁾ zu beachten. Es wurden

¹⁾ WOLFF-LEHMANN, Landwirtschaftliche Fütterungslehre, Verlag von Paul Parey in Berlin.

²⁾ Die landwirtschaftlichen Versuchs-Stationen 1911, Bd. 74.

hier 32200 kg frisches Rübenkraut eingemietet und nach ca. drei Monaten 22222 kg Sauerfutter wiedergewonnen. In beiden waren folgende Nährstoffmengen enthalten:

	Im frischen Rübenkraut	Im eingesäuerten Rübenkraut	Verlust	
	kg	kg	kg	%
Trockensubstanz	6555.9	5322.2	733.7	11.19
Rohasche	1303.9	2596.1	—	—
Organische Substanz . . .	5252.0	3296.1	2025.9	38.57
Rohprotein	1017.5	695.8	321.7	31.61
Reinprotein	689.0	582.2	106.8	15.50
Amide	328.5	113.6	214.9	65.41
Rohfett	153.4	114.1	39.3	25.62
Rohfaser	740.2	661.4	78.8	10.65
N-freie Extraktstoffe . .	3340.9	1754.8	1586.1	47.47
Zucker	1461.3	145.5	1315.8	90.00
Oxalsäure	106.2	33.8	72.4	70.10

Hierbei verteilt sich der Verlust an organischer Substanz (= 100) im folgenden Verhältnis auf die einzelnen Nährstoffe:

Rohprotein	15.9 %	Rohfett	1.9 %
Reineiweiss	5.3 „	Rohfaser	3.9 „
Amide	10.6 „	N-freie Extraktstoffe .	78.3 „

Also auch hier sind wieder bei allen Nährstoffgruppen infolge des Einmietens erhebliche Verluste eingetreten, die in erster Linie das Protein und dann ganz besonders die stickstoff-freien Extraktstoffe betreffen.

Zu ganz ähnlichen Resultaten führten unsere eigenen Versuche, auf die hier nochmals einzugehen sich erübrigen dürfte und von denen ich daher nur die prozentischen Verlustzahlen anführe. So wurden im I. Versuch eingemietet 203.5 kg Rübenkrauttrockenmasse und an Sauerfuttrockenmasse wieder gewonnen 182.1 kg. An Nährstoffen waren demnach in Verlust geraten:

	Organ. Substanz	Roh- protein	Rein- eiweiss	N-freie Extrakt- stoffe	Rohfett	Roh- faser
	kg	kg	kg	kg	kg	kg
203.5 kg enthielten .	153.1	30.2	19.9	99.9	2.9	20.1
182.1 „ „ .	96.2	23.3	12.9	56.1	3.3	13.5
Verlust in Kilogr.: .	56.9	6.9	7.0	43.8	+ 0.4	6.6
Verlust in Prozenten: .	37.1 ¹⁾	22.8	35.2	43.8	—	32.8

¹⁾ Der in der Originalarbeit für die organische Substanz angegebene Verlust mit 34.5 % ist nicht richtig, da versehentlich statt 75.25 kg eingemietetes frisches Kraut 72.25 kg angegeben sind.

Ganz ähnlich gestalteten sich die Verhältnisse in dem zweiten von uns in dieser Richtung durchgeführten Versuch:

	Organ. Substanz	Roh- protein	Rein- eiweiss	N-freie Extrakt- stoffe	Rohfett (Äther- extrakt)	Roh- faser
	kg	kg	kg	kg	kg	kg
Eingemietet 416.9 kg						
Trockenmasse . .	308.2	64.6	52.9	196.4	7.3	39.6
Ausgemietet 395.5 kg						
Trockenmasse . .	236.2	52.6	30.4	136.1	10.0	37.5
Verlust in Kilogr.:	72.0	12.0	22.5	60.3	—	2.1
Verlust in Prozenten:	23.4	18.0	42.5	30.7	—	5.4

Zu den gleichen Resultaten¹⁾ muss man natürlich kommen, wenn man nur von der ein- bzw. ausgemieteten organischen Substanz ausgeht. Für den ersten Versuch würde sich dann folgendes ergeben.

100 kg organischer Substanz des verlustlos getrockneten Rübenkrautes enthielten:

Roh- protein	Rein- eiweiss	N-freie Extrakt- stoffe	Roh- fett	Roh- faser
kg	kg	kg	kg	kg
19.75	13.02	65.24	1.84	13.14

Hieraus gewonnen 62.86 kg organischer Substanz eingesäuerten Rübenkrautes mit

	15.24	8.42	36.72	2.15	8.87
Verlust (—) oder Gewinn (+).	— 4.51	— 4.60	— 28.52	+ 0.31	— 4.27
Verlust in Prozenten der Einzel- bestandteile	22.8	35.3	43.7	—	32.5

In gleicher Weise berechnen sich dann für den zweiten Versuch die Verluste wie folgt.

100 kg organischer Substanz des verlustlos getrockneten Rübenkrautes enthielten:

Roh- protein	Rein- eiweiss	N-freie Extrakt- stoffe	Roh- fett	Roh- faser
kg	kg	kg	kg	kg
20.95	17.17	63.73	2.38	12.93

¹⁾ Die Berechnung auf S. 363 der Originalarbeit ist insofern unrichtig, als statt 62.86 ausgemieteter organischer Substanz infolge eines Irrtums 70.23 kg eingesetzt worden sind.

Hieraus wieder gewonnen 76.64 organischer Substanz des eingesäuerten Blattes mit

	Roh- protein	Rein- eiweiss	N-freie Extrakt- stoffe	Roh- fett	Roh- faser
	kg	kg	kg	kg	kg
	17.06	9.87	44.15	3.25	12.20
Verlust (—) oder Gewinn (+).	— 3.89	— 7.30	— 19.58	+ 0.87	— 0.73
Verlust in Prozenten der Einzel- bestandteile	18.6	42.5	30.7	—	5.6

Also auch aus den beiden letztangeführten Versuchsreihen geht mit aller Deutlichkeit hervor, dass das Einsäuern von Rübenkraut wie überhaupt jede Ensilage mit erheblichen Verlusten an Rohnährstoffen verknüpft ist, und dass sich diese Verluste auf alle Nährstoffe mit Ausnahme des Rohfettes erstrecken.

Betrachten wir bei den hier in Frage kommenden Versuchen nur die Verluste an organischer Substanz, so gingen verloren

nach O. KELLNER . . .	45 %	nach STUTZER	50 %
„ J. KÜHN	20 „	„ TANGEL und WEISER	38 „
„ M. MAERCKER . . .	31 „	„ HONCAMP	23—37 „

Man wird also beim Einmieten von Rübenkraut im Durchschnitt immer mit einem Verlust von 20 bis 30 % an organischer Substanz rechnen können. Insbesondere sind es dann die stickstofffreien Extraktstoffe und auch die stickstoffhaltigen Verbindungen, die von diesen Verlusten betroffen werden. Bei letzteren findet in der Regel auch noch eine Qualitätsverschlechterung des Futters insofern statt, indem Eiweissstoffe in stickstoffhaltige Verbindungen nicht-eiweissartiger Natur übergeführt werden. Der Gewinn an sogenanntem Rohfett, d. h. an in Äther löslichen Stoffen, ist in Wirklichkeit nur ein scheinbarer, da es sich hier nicht um wirkliche Fettstoffe, sondern um andere ebenfalls in den Ätherextrakt übergehende Verbindungen handelt.

Inwieweit diese Verluste dadurch eingeschränkt werden können, dass man das einzusäuernde Material nicht einer wilden Gärung überlässt, sondern durch Impfen mit Reinkulturen von Säuerungsbakterien den Gärungsprozess in die gewünschten Bahnen lenkt, möchte ich hier noch unerörtert lassen, da bei den z. T. widersprechenden Resultaten diese Frage noch nicht spruchreif sein dürfte. Infolgedessen sind die etwa hierher gehörenden Arbeiten auch nicht berücksichtigt worden.

Selbstverständlich ist es von grosser Wichtigkeit, nun nicht nur den Verlust an Rohnährstoffen festzustellen, sondern auch denjenigen an verdaulichen Nährstoffen. Man wird hierbei freilich von vornherein annehmen können, dass die am leichtesten löslichen Nährstoffe, und das werden in der Regel auch die am höchsten verdaulichen sein, zuerst und am meisten in Verlust geraten werden. Hierüber geben meines Wissens bisher nur die Untersuchungen von TANGEL und WEISER und unsere eigenen Aufschluss. Für die Verluste an verdaulichen Nährstoffen kamen erstere zu folgendem Ergebnis:

Verdauliche Nährstoffe	In die Feime	Aus der Feime	Verlust	
	gebracht			
	kg	kg	kg	%
Organische Substanz	4313.8	1942.9	— 2570.9	— 54.9
Rohprotein	751.9	320.2	— 431.7	— 57.4
Reinprotein	430.7	203.2	— 227.5	— 52.8
Amide	321.2	117.0	— 204.2	— 63.6
Rohfett	33.4	0	— 33.4	— 100.0
Rohfaser	553.3	345.3	— 208.0	— 37.7
N-freie Extraktstoffe	2975.2	1277.4	— 1697.8	— 57.1
Stärkewerte	3355.3	1650.6	— 1704.7	— 50.8

Setzt man die Menge der verloren gegangenen, verdaulichen, organischen Substanz = 100, so entfallen davon auf:

Rohprotein	18.2 %	Rohfett	1.4 %
Reineiweiss	9.6 „	Rohfaser	8.8 „
Amide	8.6 „	N-freie Extraktstoffe .	71.6 „

Hiernach sind also in der Hauptsache verdauliche Nährstoffe in Verlust geraten, ja es ist sogar mehr verdauliche organische Substanz verloren gegangen als der gesamte Verlust an organischer Substanz überhaupt beträgt. Von der verloren gegangenen organischen Substanz besteht wiederum der grösste Teil aus Kohlehydraten. Von diesen gingen 57.1 %, von Reineiweiss 52.8 % und von den Amiden 53.6 % verloren. Jedenfalls sind also die Verluste an verdaulichen Nährstoffen recht erhebliche. Im übrigen verweise ich bezüglich weiterer Einzelheiten und auch bezüglich der Erklärung, dass alle unverdaulichen Nährstoffe statt abzunehmen zugenommen haben, auf die Originalarbeit selbst (Landwirtschaftliche Versuchs-Stationen 1911, Bd. 74).

Wenn ich nun die Ergebnisse unserer Versuche des Vergleiches halber in derselben Weise wie TANGL und WEISER berechne, wenigstens für organische Substanz, Rohprotein und stickstofffreie Extraktstoffe, so ergibt sich folgendes Bild:¹⁾

Verdauliche Nährstoffe	In die Miete	Aus der Miete	Verlust	
	gebracht			
	kg	kg	kg	%
Organische Substanz	119.5	73.1	46.4	38.8
Rohprotein	21.3	16.7	4.6	21.5
N-freie Extraktstoffe	83.5	44.7	38.8	46.4

Zu denselben Resultaten muss ich natürlich kommen, wenn ich die Verhältnisse auf 100 Teile organischer Substanz beziehe:

	Rohprotein	N-freie Extraktstoffe	Rohfaser
	kg	kg	kg
100 kg verdaul., organischer Substanz des eingebachten Rübenblattes enthielten	17.82	69.91	12.74
Dagegen die 61.24 kg ²⁾ verdaul. organ. Substanz des ausgemieteten Sauerfutters	14.01	37.44	9.47
Verlust (—) oder Gewinn (+):	— 3.81	— 32.47	— 3.27
Verlust in Proz. der Einzelbestandteile:	21.4	46.4	25.6

Stelle ich nun die gleichen Berechnungen für unseren zweiten Versuch an, so komme ich zu folgenden Ergebnissen:

Verdauliche Nährstoffe	In die Miete gebracht	Aus der Miete gebracht	Verlust	
	kg	kg	kg	%
Organische Substanz	240.5	176.9	63.6	26.4
Rohprotein	45.9	38.8	7.1	15.4
N-freie Extraktstoffe	158.7	103.6	55.1	34.7
Rohfaser	31.6	26.4	5.2	16.5

Selbstverständlich ergeben sich die gleichen Zahlen, wenn ich von 100 kg eingemieteter organischer Substanz ausgehe. Es waren enthalten:

¹⁾ Die Unterlagen zur Berechnung sind ausführlich in der Originalarbeit angegeben.

²⁾ In der Originalarbeit steht statt 61.24 kg fälschlicherweise 68.43 kg. Infolgedessen ist die dortige Berechnung nicht richtig und wird durch obige Aufstellung korrigiert.

	In 100 kg eingemieteter verd. organ. Substanz	In 73.11 kg ¹⁾ ausgemieteter verd. organ. Substanz	Verlust	
	kg	kg	kg	%
Rohprotein	19.06	16.13	2.93	15.4
N-freie Extraktstoffe . . .	65.94	43.14	22.80	34.6
Rohfaser	13.12	10.94	2.18	16.5

Wir sehen also auch aus den beiden von uns ausgeführten Versuchen, welch erhebliche Verluste an verdaulichen Nährstoffen durch die Einsäuerung bedingt werden. Selbstverständlich werden auch die Verluste an verdaulichen Nährstoffen je nach der mehr oder weniger grossen Sorgfalt beim Einmieten immer erhebliche Schwankungen zeigen. Dass aber die von uns ausgeführten Versuche zu hohe Verluste aufweisen, möchte ich bestreiten, vielmehr dürfte das Gegenteil der Fall sein. In der Praxis dürfte es kaum immer möglich sein, das Einmieten mit solcher Sorgfalt vorzunehmen wie wir es hier getan haben. Hieran dürfte auch der Umstand nichts ändern, dass die Einmietung nicht in gemauerten Gruben stattgefunden hat. Abgesehen davon, dass dies in der landwirtschaftlichen Praxis wohl in der Mehrzahl der Fälle überhaupt nicht möglich sein wird, sind die gewaltigen Verluste an Nährstoffen wahrscheinlich zum grössten Teile auf Gärverluste zurückzuführen und nur zum geringeren Teile durch Abfliessen von Saft bedingt. Wo letzteres durch zementierte Gruben verhindert werden kann, ist dies selbstverständlich nur von Vorteil.

Ich hoffe durch diese kurze Zusammenfassung der bisherigen einschlägigen Untersuchungen dargetan zu haben, dass die Konservierung des Rübenblattes durch Einsäuern jedenfalls nur als ein Nothelf anzusehen ist. Sicherlich werden in der landwirtschaftlichen Praxis die Verluste an Roh- und verdaulichen Nährstoffen häufiger weit grösser sein als sie die hier geschilderten Versuche zeigen, weil naturgemäss in der Praxis selbst nicht immer mit der nötigen Sorgfalt verfahren werden kann. Und doch kommt es gerade jetzt und auch späterhin für uns darauf an, alle in der eigenen Wirtschaft

¹⁾ Von 100 kg eingemieteter organischer Substanz gingen nicht, wie in der Originalarbeit angegeben, 19.22 kg in Verlust, sondern 23.36 kg. Demgemäss wurden für 100 kg eingemieteter organischer Substanz im Sauerfutter nur 76.64 kg wiedergefunden.

produzierten Futterstoffe, und das Rübenkraut ist ein verhältnismässig proteinreiches und hoch verdauliches Produkt, möglichst verlustlos zu erhalten und zu konservieren. Hierfür eröffnet aber die Konservierung durch künstliche Trocknung wesentlich günstigere Aussichten als die Ensilage. Wie unsere umfangreichen Untersuchungen dargetan haben, ist die Trocknung als solche mit Verlusten an Rohnährstoffen so gut wie gar nicht verbunden. Bezüglich der Verdaulichkeit des Trockengutes findet nur bei einer einzigen Nährstoffgruppe, nämlich dem Protein, durch die hohen Hitzegrade eine Herabminderung statt. Die Voraussetzung aber für eine weitgehendste Einführung der künstlichen Trocknung des Rübenkrautes ist, dass die maschinellen Anlagen billiger hergestellt werden und rationeller arbeiten als wohl meist bisher.

Reinhold Heinrich †.

(Mit einem Bildnis.)

Von

F. HONCAMP-Rostock.

Am Sonnabend den 14. Juli 1917 verstarb zu Rostock nach kurzem Leiden der erste und langjährige, verdienstvolle Leiter der landwirtschaftlichen Versuchsstation Rostock, Geheimer Ökonomierat Prof. Dr. REINHOLD HEINRICH. Von der Gründung der Versuchsstation an hat der Verstorbene 33 Jahre an der Spitze derselben gestanden und unter seiner zielbewussten Leitung hat die Station einen ungeahnten Aufschwung genommen.

REINHOLD HEINRICH wurde am 13. April 1845 zu Tharand in Sachsen als Sohn des Musikdirektors ADOLPH HEINRICH geboren. Auf Anraten des bekannten Agrikulturchemikers Ad. STÖCKHARDT in Tharand erlernte er zunächst praktisch die Landwirtschaft von 1862—63 bei dem Erbrichter HÄHNER in Hinter-Gersdorf bei Tharand und von 1863—1864 bei dem Rittergutsbesitzer, nachmaligem Präsidenten des sächsischen Landeskulturrates VON OELSCHLÄGEL auf Oberlangenu bei Freiburg in Sachsen. Nach Beendigung seiner praktischen Lehrzeit bezog HEINRICH die damalige Akademie für Forst- und Landwirtschaft in Tharand und setzte später seine Studien an der Universität Jena fort. Ostern 1865 übernahm HEINRICH die Stelle eines Assistenten an der agrikultur-chemischen Versuchsstation zu Regenwalde in Pommern, die damals unter der Leitung des Prof. Dr. BIRNER stand. Michaelis 1869 wurde er als erster Lehrer für Naturwissenschaften an die Ackerbauschule in Zwätzen bei Jena berufen. Die ihm neben seiner Lehrtätigkeit freibleibende Zeit benutzte HEINRICH zur Fertigstellung seiner Doktorarbeit und so wurde er im Dezember 1869 auf Grund seiner Dissertation „Über den Temperatur- und Lufteinfluss auf die Sauerstoffabscheidung der Wasserpflanzen“ von der philosophischen

Fakultät der Universität Jena zum Doktor der Philosophie promoviert. Im Jahre 1873 erhielt HEINRICH den ehrenvollen Auftrag, für den landwirtschaftlichen Hauptverein des Netzedistriktes eine landwirtschaftliche Versuchsstation in Bromberg einzurichten. Hier verblieb HEINRICH bis Ostern 1875, zu welcher Zeit er beauftragt wurde, für das Grossherzogtum Mecklenburg-Schwerin eine landwirtschaftliche Versuchsstation in Rostock einzurichten und deren Leitung zu übernehmen. Gleichzeitig wurde ihm die an der Landesuniversität neu errichtete Professur für Agrikulturchemie und Pflanzenphysiologie übertragen. Die Schwierigkeiten, die HEINRICH zunächst in Rostock bei den geringen zur Verfügung stehenden Mitteln zu überwinden hatte, waren nicht klein, aber sie wurden überwunden. Anfänglich war HEINRICH, ohne jeden Assistenten und Diener, auf sich allein angewiesen. Als er aber nach dreiunddreissigjähriger, verdienstvoller Tätigkeit im Herbst 1908 in den wohlverdienten Ruhestand trat, waren an der Versuchsstation allein an wissenschaftlichem Personal vier Abteilungsvorsteher und fünf Assistenten tätig.

Zahlreiche wissenschaftliche Arbeiten sind von R. HEINRICH ausgeführt und in den verschiedenen Fachzeitschriften veröffentlicht worden. Seine Arbeiten umfassen das gesamte Gebiet der Agrikulturchemie und Physiologie. Vor allen Dingen rühren von ihm die grundlegenden Versuche über die Konservierung des Jauchestickstoffes und die zweckmässige Anwendung der Jauche her. Auch mit agronomisch-bodenkundlichen Untersuchungen hat er sich sehr eingehend befasst und von einer Reihe von mecklenburgischen Gütern landwirtschaftliche Bodenkarten hergestellt. An selbständigen Schriften hat HEINRICH herausgegeben:

1. Grundlagen zur Beurteilung der Ackerkrume in Beziehung auf landwirtschaftliche Pflanzenproduktion.
2. Dünger und Düngen.
3. Futter und Füttern.
4. Mergel und Mergeln.

Alle vier sind vom mecklenburgischen „Patriotischen Verein“ gekrönte Preisschriften. Ausgezeichnet durch eine populäre Darstellung waren sie im wahrsten Sinne „aus der Praxis für die Praxis“ geschrieben und sie sind unzähligen deutschen Landwirten unentbehrliche Ratgeber geworden.

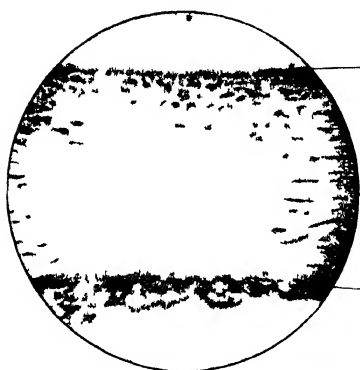
- Auch im landwirtschaftlichen Vereinsleben hat HEINRICH eine rege und mannigfaltige Tätigkeit entfaltet und viele mecklenburgische Landwirte haben aus seinen Vorträgen eine Fülle von Anregung bekommen.

An äusseren Auszeichnungen und öffentlichen Anerkennungen hat es HEINRICH nicht gefehlt. Anlässlich des 100jährigen Bestehens des „Mecklenburgischen Patriotischen Vereins“ wurde ihm vom Grossherzog das Ritterkreuz des Mecklenburgischen Hausordens der Wendischen Krone verliehen. Zur Feier des 25jährigen Bestehens der Rostocker Versuchsstation erhielt er den Titel eines Geheimen Ökonomierates, in Mecklenburg eine seltene Auszeichnung, die er jahrzehntelang als einziger besessen hat. Im Jahre 1909 ernannte ihn der Patriotische Verein zu seinem Ehrenmitglied.

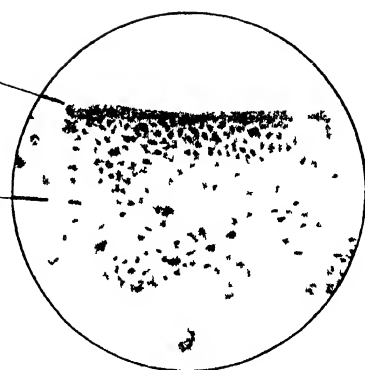
Nach seinem Rücktritt vom Amt im Herbst 1908 war es HEINRICH vergönnt, noch fast neun Jahre der wohlverdienten Ruhe zu pflegen.

Das Andenken an den Gründer und langjährigen Leiter der landwirtschaftlichen Versuchsstation Rostock und an all das, was er für die Station und die mecklenburgische Landwirtschaft getan und geleistet hat, wird auf immer unvergessen bleiben.

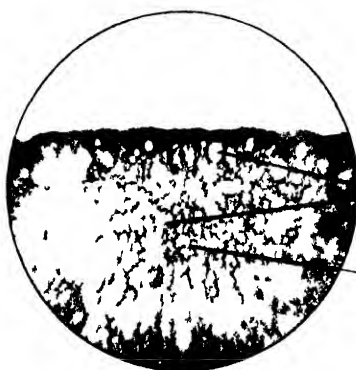
Druck von Fr. Stollberg, Merseburg.



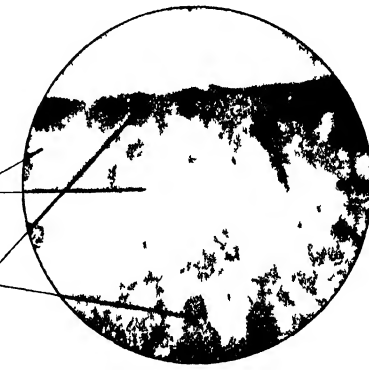
12



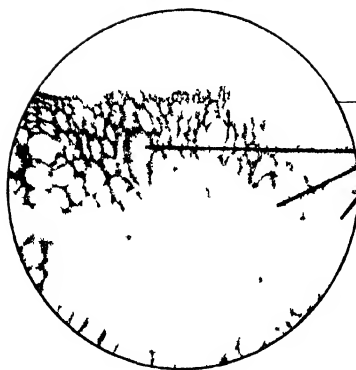
13



14



15

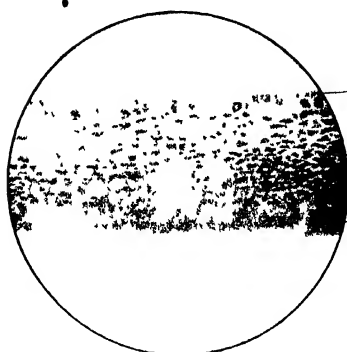


It Tu ka phot

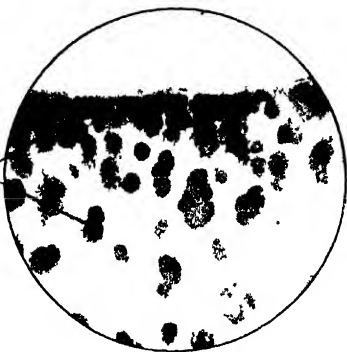
16



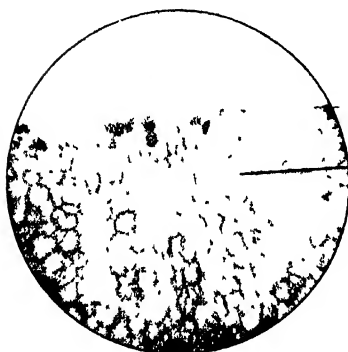
17



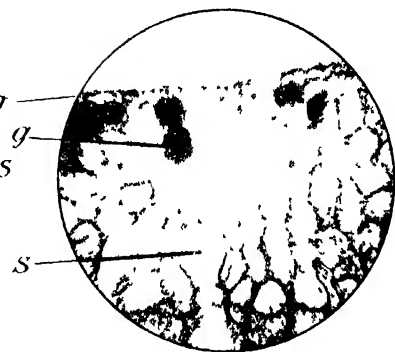
18



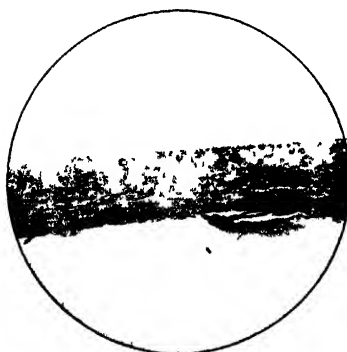
19



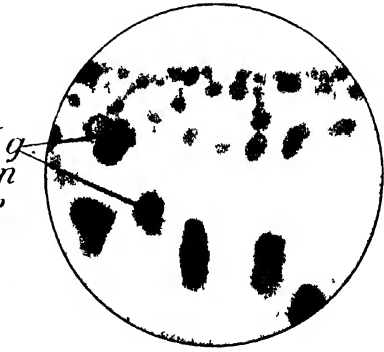
20



21

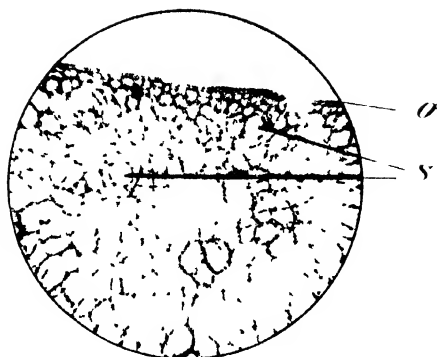


22

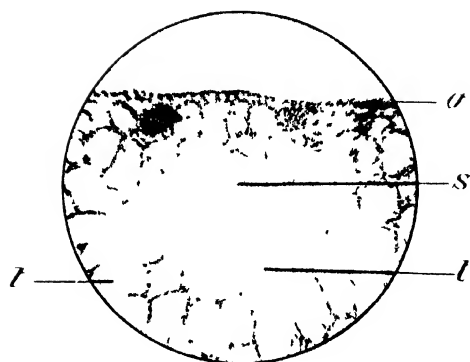


23

K. Fuchs ph. t.



21



20

W. T. 13 pict

I. A. R. I. 75.

IMPERIAL AGRICULTURAL RESEARCH
INSTITUTE LIBRARY
NEW DELHI.

[illegible]